

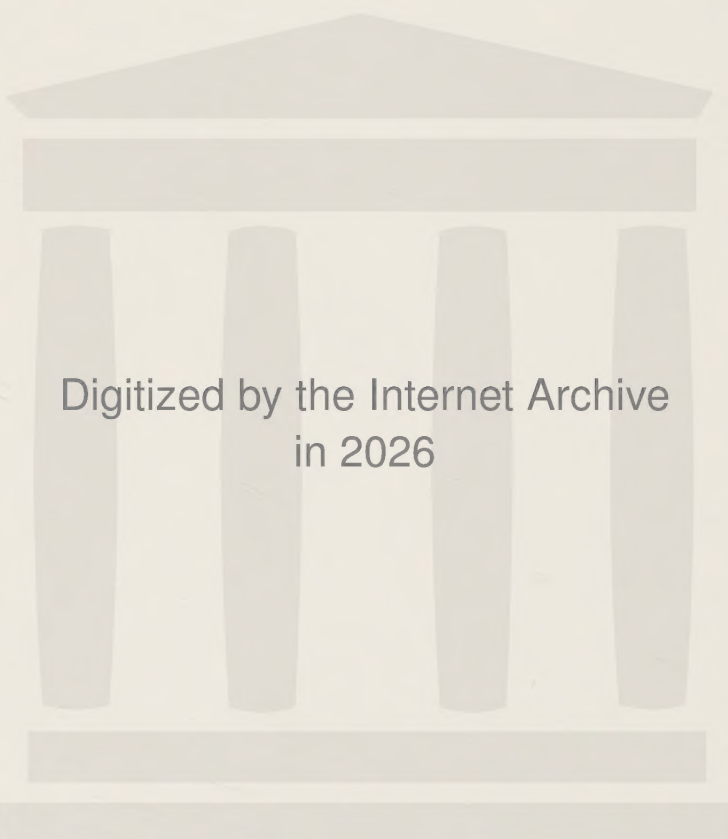
**UNTERSUCHUNGEN ÜBER
DIE EINSATZMÖGLICHKEITEN
DER INFRAROT - THERMOMETRIE
IN DER RINDER - UND SCHWEINEHALTUNG**

ERICH REINHART

1988

Disbui. München

1988



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554823_0044

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhygiene
Lehrstuhl für
Tierhygiene und Verhaltenskunde
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. J. Unshelm

**Untersuchungen über die Einsatzmöglichkeiten
der Infrarot-Thermometrie in der Rinder- und Schweinehaltung**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Erich Reinhart
aus Tauberbischofsheim

München 1988

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. M. Rüsse

Referent: Prof. Dr. J. Unshelm

Korreferent: Prof. Dr. W. Klee

Tag der Promotion: 29. Juli 1988

Isn't it nice to know things?
(Bertrand Russell)

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Literatur	3
2.1.	Geschichte der Hauttemperatur-Messung	3
2.2.	Hauttemperatur und Thermoregulation	5
2.2.1.	Wärmebildung	5
2.2.2.	Wärmeabgabe	6
2.2.2.1.	Innerer Wärmestrom	7
2.2.2.2.	Äußerer Wärmestrom	9
2.3.	Einflüsse auf die Hauttemperatur	13
2.4.	Spezielle Einflußfaktoren bei der Infrarot-Messung	25
2.5.	Gelenkschäden bei Kühen und Sauen	27
2.6.	Belastungssituationen beim Schwein	29
2.6.1.	Absetzen	29
2.6.2.	Transport	30
2.6.3.	Belegdichte	32
3.	Material und Methode	34
3.1.	Zielsetzung der Versuche	34
3.2.	Meßgeräte	35
3.3.	Geometrische Einflußfaktoren	37
3.3.1.	Meßabstand	37
3.3.2.	Meßwinkel	38

3.4.	Einflußfaktoren auf die Hauttemperatur bei Milchkühen	38
3.4.1.	Fellzustand	38
3.4.2.	Klimatische und physiologische Faktoren	40
3.4.3.	Statistische Kennwerte	42
3.5.	Einflußfaktoren auf die Hauttemperatur bei Zuchtsauen	42
3.5.1.	Fellzustand	42
3.5.2.	Klimatische und physiologische Faktoren	43
3.6.	Auswirkungen des Haltungssystems auf das Tier	45
3.6.1.	Haltungsbedingte Gelenkschäden bei Milchkühen	45
3.6.2.	Haltungsbedingte Gelenkschäden bei Zuchtsauen	46
3.7.	Hauttemperatur unter Belastung beim Schwein	47
3.7.1.	Absetz-Versuch	47
3.7.2.	Transport-Versuch	48
3.7.3.	Belegdichten-Versuch	49
3.8.	Auswertung der Versuchsergebnisse	51
4.	Ergebnisse der Untersuchungen	53
4.1.	Geometrische Einflußfaktoren	53
4.1.1.	Meßabstand	53
4.1.2.	Meßwinkel	56
4.2.	Einflußfaktoren auf die Hauttemperatur bei Milchkühen	57
4.2.1.	Fellfarbe	57
4.2.2.	Fellzustand	58
4.2.3.	Klimatische und physiologische Faktoren	61

4.2.4.	Statistische Berechnungen	66
4.2.4.1.	Meßtechnische Streuung	66
4.2.4.2.	Biologische Streuung	67
4.2.4.3.	Beziehung der Haut- zur Rektaltemperatur	69
4.3.	Einflußfaktoren auf die Hauttemperatur bei Zuchtsauen	71
4.3.1.	Fellzustand	71
4.3.2.	Klimatische und physiologische Faktoren	73
4.3.3.	Statistische Berechnungen	78
4.3.3.1.	Meßtechnische Streuung	78
4.3.3.2.	Biologische Streuung	78
4.3.3.3.	Beziehung der Haut- zur Rektaltemperatur	79
4.4.	Hauttemperatur an den Gelenken	81
4.4.1.	Hauttemperatur an den Gelenken bei Milchkühen in Laufstall und Kurzstand	81
4.4.2.	Hauttemperatur an den Gelenken bei Zuchtsauen in Gruppenhaltung und Kastenstand	83
4.5.	Hauttemperatur unter Belastung beim Schwein	87
4.5.1.	Absetz-Versuch	87
4.5.2.	Transport-Versuch	89
4.5.3.	Belegdichten-Versuch	91
5.	Diskussion	100
6.	Zusammenfassung - Summary	125
7.	Literaturverzeichnis	131

Danksagung

Lebenslauf

1. Einleitung

Fragen der artgemäßen Tierhaltung beanspruchen seit einiger Zeit zunehmendes Interesse, wobei neuerdings das Tier als letztlich entscheidender Indikator für die Qualität seiner Umwelt herangezogen wird. Das Problem liegt darin, Methoden zu finden, die eine Beurteilung des Tieres in seiner Haltungsumwelt ermöglichen.

Eine solche Methode könnte sich in der Hauttemperatur-Messung mittels der Infrarot-Thermometrie anbieten. Diese Technik wird schon seit einigen Jahren im klinischen Bereich eingesetzt und lieferte dort beachtliche Resultate in Diagnostik und Therapie. Der Einsatz der Infrarot-Thermometrie für klinische Belange konzentrierte sich naturgemäß auf das Einzeltier.

In der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung hat sich jedoch heute das Augenmerk auf die Betreuung ganzer Bestände verlagert. Deshalb gewinnen die prophylaktischen Maßnahmen zur Gesunderhaltung eines Bestandes zunehmend an Bedeutung, und dies erfordert einerseits, schon die Haltungsumwelt als nach dem Futter wichtigstem auf die Gesundheit des Tieres wirkendem Faktor zu optimieren. Andererseits sind zeitsparende Untersuchungstechniken für die Beurteilung des Gesundheitsstatus einer Tierherde unerlässlich.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, zu untersuchen, ob die Infrarot-Thermometrie zur Lösung der beiden angesprochenen Probleme "Optimierung der Haltungsumwelt" und "schnelle Erfassung des Gesundheitsstatus einer Tierherde" beitragen kann. Zu diesem Zweck war prinzipiell die Frage zu klären, welchen Einflußfaktoren die berührungslose Hauttemperatur-Messung unterliegt. Unter Berücksichtigung der dabei gewonnenen Erkenntnisse war dann zu prüfen, welcher Zusammenhang zwischen Haut- und Rektaltemperatur besteht, ob das "Indikatorsystem" Tier bezüglich der Hauttemperatur auf verschiedene Haltungssysteme unterschiedlich reagiert, und ob die Hauttemperatur auf die Tiere wirkende Belastungszustände anzeigt.

In einem ersten Teil untersucht die vorliegende Arbeit deshalb, durch welche Faktoren die gemessenen Oberflächentemperaturen

beeinflusst werden und wie groß die biologisch sowie die meßtechnisch bedingten Meßwertschwankungen sind. Außerdem wird die Korrelation der Hauttemperatur zur Rektaltemperatur berechnet. Ein zweiter Teil soll prüfen, ob die Messung der Hauttemperatur zum Erkennen von haltungsbedingten Gelenkschaden an Karpal-, Tarsal- und Fesselgelenken von Milchkühen und Zuchtsauen geeignet ist. Der dritte Teil beschäftigt sich mit der Frage, ob verschiedene Belastungssituationen bei Schweinen verschiedener Altersstufen (Absetzen von Saugferkeln, Transport sowie hohe Belegdichte bei Mastschweinen) sich als Veränderungen der Hauttemperatur äußern.

2. Literatur

2.1 Geschichte der Hauttemperatur-Messung

Die einfachste und seit alters her gebräuchliche Methode der Hauttemperaturmessung ist die Palpation mit der Hand. Da bei der Palpation nur ein Temperaturvergleich mit der Hand stattfindet, deren Temperatur wiederum von zahlreichen Faktoren beeinflusst wird, können auf diesem Weg nur vage Aussagen über die Hauttemperatur getroffen werden.

Das Quecksilberthermometer wurde in der Erforschung der Hauttemperatur erstmals anfangs des 19. Jahrhunderts durch Davy eingesetzt. Trotz erheblicher Nachteile, nämlich der Veränderung der Hauttemperatur durch zu große Masse, seine große Tragheit, die zu einer allzu langen Meßdauer führt (LANDSIEDEL, 1937), sowie der Probleme bei der dauerhaften und doch die Hautdurchblutung nicht störenden Befestigung war das Quecksilberthermometer für die Messung von Hauttemperaturen bei zahlreichen Arbeiten bis 1914 im Gebrauch.

Messungen der Oberflächentemperatur des Rindes wurden vor allem in Gießen von BOECKH (1910), SPOERL (1911), JUNGINGER (1912), BAUMEISTER (1912) und GRETHER (1913) durchgeführt. Am Schwein wurden dagegen lange Zeit keine Hauttemperatur-Messungen durchgeführt, wohl weil, wie HARDER (1937) vermutet, die vorher gebräuchlichen Thermometer zu unhandlich und zu schlecht anzubringen waren, weswegen die ruhigeren Großtiere oder die besser fixierbaren Kleintiere bevorzugt wurden.

Erst die Verbreitung des schon 1825 erfundenen Thermoelements machte die Messungen am Schwein praktikabel und erleichterte auch die Arbeit mit den anderen Spezies. In den Jahren 1937 und 1938 erschienen in Hannover eine ganze Reihe von Arbeiten, von denen HARDER (1937) die Hauttemperatur beim Schwein und LANDSIEDEL (1937) die Hauttemperatur beim Rind untersuchten. Auch die Arbeiten von RUDZINSKI (1944), REINER (1957) und UMAMAHESWARAN (1957) am Rind, von HARMS (1959) am Schwein sowie von FRÖHLICH (1959)

bei verschiedenen Tierarten wurden mit dem Thermoelement durchgeführt.

Die ursprünglich für militärische Zwecke entwickelte Infrarot-technik wurde nach GANSSEN (1971) erstmals von LAWSON (1957) für medizinisch-diagnostische Zwecke eingesetzt. Die Hauptanwendungsgebiete, die sich seitdem ergaben, liegen hauptsächlich in der Erkennung von Tumoren, besonders der weiblichen Brust, und von entzündlichen Erkrankungen, wie rheumatischen Arthritiden oder Muskel-, Bänder- und Bandscheibenschäden.

Den ersten Bericht über den Einsatz der Thermographie am Tier lieferte SMITH (1964). Wie bei ihm lag in der ganzen Anfangszeit das Hauptanwendungsgebiet in der klinischen Anwendung am Pferd.

Wegen der sehr hohen Kosten der Thermographie-Systeme, die ein "Wärmebild" des Meßobjekts liefern, werden seit einigen Jahren vermehrt die kostengünstigeren Infrarot-Thermometer eingesetzt (YATES et al., 1979; RÖHLINGER et al., 1979; PALMER, 1981). Diese erzeugen kein "Abbild" eines Gegenstandes, sondern messen berührungslos die Temperatur an einem bestimmten Punkt und zeigen diese, zumeist digital, an. Neben dem Kostenfaktor sind weitere Vorteile dieser Methode die Anzeige in Absolutwerten und der wesentlich geringere technische Aufwand.

Nur geringe Bedeutung kommt bis heute der Flüssigkristall-Thermographie zu. Dabei werden Cholesterin-Flüssigkristalle auf die Haut aufgebracht, die dann in Abhängigkeit von der Hauttemperatur ihre Farbe ändern (WILLIAMS, 1967; BANNATZ, 1974).

2.2. Hauttemperatur und Thermoregulation

Das Wesen der Homöothermie liegt darin, auch bei Umgebungstemperaturen, die bis zu einem gewissen Maß schwanken, die Körpertemperatur konstant zu halten. Den Ausgleich der Schwankungen leistet das Thermoregulationssystem durch Abstimmung von Wärmebildung und Wärmeabgabe (LYHS, 1967; HENSEL, 1979; HORNICKE, 1987).

Die Informationen über den Ist-Wert werden zum einen von zentralen Thermorezeptoren geliefert, die im Hypothalamus und im Hirnbalken liegen, daneben wahrscheinlich auch im Bereich von Ösophagus und Magen und anderen Organen (ASCHOFF, 1971; HORNICKE, 1987). Zum anderen gibt es periphere Thermorezeptoren, die man je nach dem Maximum ihrer Impulsaktivität in Kalt- und Warmrezeptoren unterteilt. Die Wirkung der Kaltrezeptoren ist größer als die der Warmrezeptoren, weil ihre Impulsfrequenz höher und ihre Anordnung etwa zehnmal dichter ist (LYHS, 1967; ASCHOFF, 1971).

Die absolute Zahl der Rezeptoren je Flächeneinheit ist je nach Körperregion verschieden. Am Rumpf liegt die Dichte der Rezeptoren etwa doppelt so hoch wie an den Gliedmaßen (LYHS, 1967; ASCHOFF, 1971), was darauf hindeutet, daß die thermoregulatorische Funktion der Rumpfoberfläche eher die des Meßinstruments, die der Gliedmaßen eher die des Effektors ist, so daß an den Gliedmaßen je nachdem, ob Wärme abgegeben oder eingespart werden muß, stärkere Oberflächentemperaturschwankungen als am Rumpf möglich sind, ohne daß Regulationsmechanismen zu früh in Gang kommen (ASCHOFF, 1971).

2.2.1. Wärmebildung

Die Wärmebildung im Ruhezustand erfolgt überwiegend durch exotherme chemische Reaktionen in den Eingeweiden. Die Steigerung der Wärmebildung ist auf zwei Wegen möglich:

1. "zitterfreie Thermogenese": bei verschiedenen Nagern, bei neugeborenen Schafen, Ziegen und bei menschlichen Säuglingen findet sich sogenanntes braunes Fettgewebe, das, vom sympathischen Nervensystem gesteuert, zu einer erheblichen Wärmebildung fähig ist. Den anderen Tierarten fehlt das braune Fettgewebe. Bei ihnen ist eine zitterfreie Thermogenese nur in geringem Maß durch Steigerung des Leber- und Muskelstoffwechsels möglich (HÖRNICKE, 1987).
2. Wärmebildung durch Muskelbetätigung: bei zunehmendem Wärmeentzug reagiert der Körper mit einer Aktivierung der Muskulatur. Zunächst steigt nur der Muskeltonus, es wird keine äußere Arbeit geleistet. Bei weiterer Abkühlung kommt es neuronal ausgelöst zum sichtbaren Kältezittern, wobei aber gleichzeitig auch die konvektiven Wärmeverluste etwas ansteigen (HÖRNICKE, 1987).

2.2.2. Wärmeabgabe

Solange vom Körperinneren zur Umgebung ein Temperaturgefälle besteht, gibt der Organismus Wärme an die Umgebung ab, wobei das Temperaturgefälle in die zwei Abschnitte Kern - Haut und Haut - Umgebung unterteilt ist. Die Haut als Grenzfläche zwischen beiden Abschnitten spielt bei der Wärmeabgabe eine besondere Rolle (LYHS, 1967). Physikalisch gesehen ist ein Wärmetransport auf drei Wegen möglich:

1. Wärmeleitung (= Konduktion)

Wärmeleitung ist Wärmetransport in einem ruhenden Medium, mit dem die Wärmequelle in direktem Kontakt steht, z.B. der Transport der Körperwärme von den äußersten Blutgefäßen durch die nicht durchblutete Epidermis auf die Hautoberfläche (MOUNT, 1968).

2. Wärmekonvektion

Wärmekonvektion ist Wärmetransport in einem bewegten Medium, z.B. durch strömendes Wasser oder bewegte Luft.

3. Wärmestrahlung

Jeder Körper mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunkts sendet Wärmestrahlung aus. Zwischen zwei Körpern mit verschiedener Temperatur findet durch Wärmestrahlung dauernd ein Wärmetransport vom wärmeren zum kälteren Körper statt (LYHS, 1971). Für den Wärmetransport zwischen zwei Körpern durch Strahlung gilt nach dem Gesetz von STEFAN-BOLTZMANN:

$$Q_s = \sigma \cdot \epsilon_1 \cdot \epsilon_2 (T_1^4 - T_2^4) \quad (\text{HARDY, 1949}).$$

Darin bedeuten:

σdie Strahlungskonstante von STEFAN-BOLTZMANN,

T_1 und T_2die absolute Temperatur der beiden Körper,

ϵ_1 und ϵ_2die Emissions- bzw. Absorptionszahlen der beiden Körper.

Die Temperatur der Luft zwischen den beiden strahlenden Körpern spielt für den Wärmeaustausch durch Strahlung keine Rolle (LYHS, 1971); sie wird durch die Wärmestrahlung auch nicht verändert.

Bezogen auf das Tier-Umwelt-System wird allgemein zwischen dem inneren Wärmestrom (Körperkern - Körperschale) und dem äußeren Wärmestrom (Körperschale - Umgebung) unterschieden (ASCHOFF, 1971; HENSEL, 1979; HÖRNICKE, 1987), innerhalb derer die Wärme mit wechselnden Mechanismen transportiert wird (ASCHOFF, 1971).

2.2.2.1. Innerer Wärmestrom

Der innere Wärmestrom zwischen Körperkern und Körperschale beruht auf Konduktion und Konvektion (LYHS, 1967; ASCHOFF, 1971; HENSEL, 1979; HÖRNICKE, 1987).

In den einzelnen Schichten ist der Anteil von Konvektion und Konduktion verschieden groß. Nur in der nicht durchbluteten Epider-

mis erfolgt der Wärmetransport ausschließlich durch Leitung; im Korium durch Leitung und Konvektion und in der Subkutis vorwiegend durch Konvektion. Die Effektivität der Wärmeleitung (Konduktion) wird durch die Größe der Wärmeleitzahlen der Gewebe bestimmt (LYHS, 1967), die in vivo nicht genau bestimmbar, aber jedenfalls relativ klein sind (ASCHOFF, 1971).

Deshalb überwiegt beim inneren Wärmestrom seitens der konvektive Transport mit dem strömenden Blut (ASCHOFF, 1971; HENSEL, 1979; HÖRNICKE, 1987).

Bei warmer Umgebung kommt es zu einer peripheren Vasodilatation, die die Energieabgabe an die Umgebung erleichtert, bei kalter Umgebung kommt es zu einer Vasokonstriktion, wodurch die Körperschale als Isolierschicht wirkt (HÖRNICKE, 1987). Besonders an den sogenannten apikalen Organen (Gliedmaßen und Ohren) sind zur Ausnutzung der guten Wärmeabgabe von Organen mit großer Oberfläche bei kleinem Durchmesser starke Veränderungen der Durchblutung möglich. In diesen Organen besteht neben einem radialen ("von innen nach außen") ein ausgeprägtes axiales ("von oben nach unten") Temperaturgefälle. "Beide Gradienten sind durch Änderung der Extremitätendurchblutung so stark variabel, daß die Extremitäten zum Hauptort der physikalischen Temperaturregulation werden" (LYHS, 1967).

In den apikalen Organen bestehen zusätzlich zu der starken Variabilität der Durchblutung zwei weitere Möglichkeiten, die Wärmeabgabe zu regulieren. Zum einen finden sich in der Haut der apikalen Organe arteriovenöse Anastomosen, deren Öffnung in Wärme bei relativ geringer Kreislaufbelastung einen großen Blutdurchfluß erlaubt und damit, da die arteriovenösen Anastomosen oberflächlicher liegen als die oberflächlichsten Kapillaren, die Wärmeabgabe steigert.

Zum anderen wird in den Extremitäten das Prinzip des Gegenstromwärmeaustauschs ausgenutzt, indem für den venösen Rückfluß oberflächliche hautnahe und tiefe arteriennahe Venen zur Verfügung stehen. In kalter Umgebung fließt das Blut hauptsächlich durch die tiefen Venen zurück und kühlt dabei das arterielle Blut vor,

wodurch die Hauttemperatur niedrig gehalten und die Wärmeabgabe reduziert wird. Bei warmer Umgebung werden überwiegend die oberflächlichen Venen durchflossen, was besonders beim Pferd sichtbar ist. Auf diese Weise kommt das Blut relativ warm nahe an die Haut und kann diese Wärme beim Rückfluß gut abgeben (HÖRNICKE, 1987). Die Hauttemperatur steigt dabei an.

2.2.2.2. Äußerer Wärmestrom

Auch der äußere Wärmestrom, d.h. der Wärmeaustausch zwischen Haut und Umgebung, läuft im neutralen Temperaturbereich grundsätzlich über die drei Mechanismen Konduktion, Konvektion und Strahlung ab. Darüber hinaus kann durch Verdunstung die Wärmeabgaberate gesteigert werden. Der Anteil der einzelnen Wärmetransportmechanismen an der Wärmeabgabe auf dem Weg von der Haut an die Umgebung ist wiederum unterschiedlich.

Die Haut der Haussäuger ist durch ein mehr oder weniger dichtes, arttypisches Haarkleid bedeckt, das nach STEPHAN und REDECKER (1970) Luft eingeschlossen hält und damit zur Verminderung von Leitungs- und Konvektionsverlusten beiträgt, da die eingeschlossene Luft als schlechter Wärmeleiter die Epidermisoberfläche von der meist kühleren Umgebung isoliert (HÖRNICKE, 1987). Die Dicke dieses Luftstapels kann durch Aufstellen der Haare (Musculi arrectores pilorum) vergrößert werden (HÖRNICKE, 1987).

An diesen zwischen den Haaren festgehaltenen Luftstapel schließt sich nach außen die sogenannte Grenzschicht an, die man sich ebenfalls noch als ruhende Luft vorstellt. Ihre Dicke hängt von der Luftbewegung sowie von Länge und Durchmesser der zylindrisch gedachten Körperteile ab (ASCHOFF, 1971): je höher die Luftgeschwindigkeit und je dünner ein Körperteil, desto dünner die Grenzschicht.

Konduktion und Konvektion: Durch die im Haar eingeschlossene Luftschicht und die daran anschließende Grenzschicht erfolgt der Wärmetransport rein konduktiv (LYHS, 1967; ASCHOFF, 1971; HÖRNICKE, 1987). Auch bei direktem Kontakt mit umgebenden Gegenstän-

den, z.B. dem Stallfußboden, erfolgt der Wärmetransport dorthin ausschließlich per Konduktion (HÖRNICKE, 1987).

Erst an der Außenseite der Grenzschicht beginnt der konvektive Wärmetransport (LYHS, 1967; ASCHOFF, 1971; HÖRNICKE, 1987). Die Größe der Wärmeabgabe über Konvektion hängt von der Luftgeschwindigkeit ab, da durch die Bewegung der Luft die angewärmte Luftschicht immer wieder abgeführt und durch neue kühlere Luft ersetzt wird.

Verdunstung: Die Verdunstung bewirkt Wärmeabgabe, indem Wasser durch dem Organismus entstammende Wärme in Dampf überführt wird, wobei die Verdunstung von 1 l Wasser auf der Körperoberfläche 2.430 kJ Wärme verbraucht. Aus Gründen der Wasserökonomie wird die Verdunstung erst dann vermehrt eingesetzt, wenn die Wärmeabgabe durch Strahlung, Leitung und Konvektion unzureichend ist (HÖRNICKE, 1987). Das dazu verwendete Wasser kann entweder durch die obersten Hautschichten diffundiert sein, da diese nicht völlig wasserundurchlässig sind; dieser Vorgang läuft ständig ab und heißt "perspiratio insensibilis". Auch in den Atemwegen kommt es zu einer Wärmeabgabe durch Leitung und Verdunstung. Sobald die übrigen Mechanismen nicht mehr ausreichen, wird bei den dazu befähigten Spezies aktiv Schweiß sezerniert, der dann verdunstet und durch das Haarkleid diffundiert ("perspiratio sensibilis") (HÖRNICKE, 1987). Bei den anderen Spezies wird durch die einsetzende Tachypnoe die Kühlwirkung der Belüftung über Atemwege stärker ausgenutzt.

Strahlung: Die Rolle der Strahlung bei der Wärmeabgabe der Tiere bedarf einer etwas ausführlicheren Darstellung. Als Körper mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunkts geht von jedem Tier, und zwar von der Hautoberfläche und zum Teil von oberflächlich verlaufenden Blutgefäßen, dauernd Wärmestrahlung aus, die auf das Haarkleid einwirkt und dieses im Zusammenspiel mit den anderen Faktoren auf eine bestimmte Temperatur bringt. Von der Oberfläche des Haarkleids aus wirkt die von dort ausgehende oder von tiefer kommende Strahlung auf die Objekte in der Umgebung des Tiers, ohne durch die Temperatur der umgebenden Luft beeinflusst zu werden und ohne diese selbst zu beeinflussen (LYHS, 1971; NAU und LYHS, 1981a).

Die Größe der ausgesandten Strahlung hängt nach der oben angegebenen Formel nicht nur von der Temperatur des Tierkörpers, sondern auch von seinem Emissionsfaktor, oder genauer, von dem seiner behaarten Haut ab. Der Emissionsfaktor ist definiert als "das Verhältnis des Emissionsvermögens (Strahlungsleistung, die je Flächeneinheit in eine Halbkugel abgestrahlt wird) zu dem eines 'schwarzen' Strahlers" (NAU und LYHS, 1981a). Per definitionem absorbiert ein "schwarzer Strahler" alle Strahlung, die ihn trifft. Der ideal gedachte "schwarze Strahler" hat einen Emissionsfaktor von 1, d.h. von ihm ausgehende Strahlung stammt aus ihm selbst und ist nicht etwa reflektiert! Im Gegensatz dazu reflektiert der ideale Reflektor alle Strahlung, die auf ihn trifft und hat damit den Emissionsfaktor null (BLAXTER, 1962).

Die Eigenschaft eines Körpers, eine Strahlung zu absorbieren oder zu reflektieren, also eben der Emissionsfaktor, hängt von der Wellenlänge dieser Strahlung ab. Nach dem Wien'schen Verschiebungsgesetz, das besagt, daß die Wellenlänge, die ein Körper am meisten ausstrahlt, von seiner Temperatur abhängig ist, hat die Sonne ein Strahlungsmaximum bei einer Wellenlänge von $0,4 \mu\text{m}$ (BLAXTER, 1962), während für Temperaturen von $15 - 35^\circ\text{C}$ die Wellenlänge des Strahlungsmaximums bei $10,1 - 9,4 \mu\text{m}$ liegt (NAU und LYHS, 1981a).

Für diese Wellenlänge von ca. $10 \mu\text{m}$, auf der etwa die von Säugetieren ausgehende Wärmestrahlung liegt, liegt der Emissionsfaktor eines Tierfells unabhängig von seiner Farbe nahezu bei 1, während dies für Sonnenstrahlung (Emissionsfaktor von braunem Rinderfell in der Sonne 0,8) nicht gilt (BLAXTER, 1962; MOUNT, 1968; NAU und LYHS, 1981a). Dies bedeutet, daß sich im Sonnenlicht Fellstellen mit unterschiedlicher Farbe unterschiedlich stark aufwärmen, während z.B. in Stallgebäuden, wo im wesentlichen nur die längerwellige Strahlung der anderen Tiere und der umgebenden Flächen auf ein Tier einwirkt, die Farbe des Fells keinen Einfluß auf die Hauttemperatur hat. NAU und LYHS (1981b) geben für wenig behaarte Haut einen Emissionsfaktor von 0,97 an.

Umfang und Richtung des Wärmeaustausches durch Strahlung zwischen einem Tier und seiner Umgebung hängt von der Temperaturdifferenz zwischen beiden ab. Liegt die Temperatur der umgebenden Oberflä-

chen höher als die Hauttemperatur, so nimmt der Körper Strahlungswärme auf (HÖRNICKE, 1987).

Den Anteil der einzelnen Wärmetransportmechanismen an der Gesamtwärmeabgabe beziffert ASCHOFF (1971) für den Menschen im mittleren Temperaturbereich bei kleinen Windgeschwindigkeiten und 50% relativer Luftfeuchte folgendermaßen: von der Haut 90% (Verdunstung 20%, Leitung 25%, Strahlung 45%), von den Atemwegen 10% (Leitung 2%, Verdunstung 8%).

2.3. Einflüsse auf die Hauttemperatur

Die Erfordernisse der Thermoregulation, die durch die genannten physikalischen Wärmetransportmechanismen erfüllt werden, entstehen durch eine Vielzahl von äußeren und inneren Einflußfaktoren. Analog zu der Unterteilung der Wärmeströme in die drei Zonen Körperschale, Körperoberfläche und Umgebung des Tieres teilt SAGNER (1954) die Faktoren, die die Hauttemperatur beeinflussen, in innere, oberflächliche und äußere Faktoren ein.

Innere Faktoren	Oberflächliche Faktoren	Äußere Faktoren
Rektaltemperatur	Oberflächengestaltung	Lufttemperatur
Hautdurchblutung	Behaarung	Luftfeuchte
Physikalische Leitung vom Körperinnern	Sensible und insensible Perspiration	Luftgeschwin- digkeit
Muskeltätigkeit		
Nahrungsaufnahme		
Psychische Erregung		
Topographie der Meßstelle		
Art und Rasse		
Alter und Geschlecht		
Pathologische Veränderungen		
Tageszeit		

Tab. 1: Einflüsse auf die Hauttemperatur, modifiziert nach SAGNER (1954)

Anhand dieser Übersicht sollen die Faktoren der Reihe nach besprochen werden.

INNERE FAKTOREN

Rektaltemperatur:

Auf dem Temperaturgradienten zwischen der bei gesunden Homöothermen mehr oder weniger konstanten Rektaltemperatur und der meist niedrigeren und schwankenden Umgebungstemperatur fungiert die Hauttemperatur als Ausgleichsgröße.

Bei physiologischer Rektaltemperatur braucht sich die Hauttemperatur nur als Reaktion auf Änderungen der Außenbedingungen zu ändern. Bei Fieber und intakter Thermoregulation steht die Hauttemperatur zusätzlich im Dienst der Änderung der Kerntemperatur.

LEINWEBER (1961) hat u.a. die Auswirkungen von Fieberzuständen auf die Hauttemperatur bei Schweinen untersucht. Bei rotlaufkranken Schweinen bei Rektaltemperaturen bei über 41°C stellte er eine deutliche allgemeine Erhöhung der Hauttemperaturen fest. Bei Zuchtsauen mit Puerperalfieber fand er nur am Gesäuge höhere Hauttemperaturen als bei vergleichbaren gesunden Sauen, nicht jedoch an den übrigen Körperstellen.

KÜPPERS (1973) beschäftigte sich mit der Beziehung zwischen Hauttemperatur und Rektaltemperatur bei 60 - 80 kg schweren Schweinen und erhielt Korrelationskoeffizienten von ca. 0,5 für die Meßstellen Analgegend und Ohrgrund in Korrelation zur Rektaltemperatur. Er gab außerdem Regressionsgleichungen an, die die Berechnung der Rektaltemperatur aus der Hauttemperatur von Ohrgrund, Analgegend und Rücken ermöglichen sollen, so z.B. für den linken Ohrgrund: $y = 29,7 + 0,2561 \cdot x$, wobei y für die Rektaltemperatur und x für die Hauttemperatur steht.

Bei allen von UNSHELM (1970) untersuchten Schweinerassen bestanden zwischen Rektal- und Hauttemperatur am 190. Tag positive Beziehungen, die für die Rasse Mangalica signifikant und für die Deutsche Landrasse und das Cöttinger Miniaturschwein hoch signifikant waren.

An Milchkühen berechneten LIRA et al. (1975) einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,62$ zwischen der Temperatur im Ohrkanal

und der Rektaltemperatur. AUER (1980) stellte an schwarzbunten Rindern fest, daß die Korrelation umso enger ist, je höher im Bereich von 15 - 30°C die Lufttemperatur liegt.

Konduktion und Konvektion im Körperinneren:

Die Wärmeleitzahlen (Konduktion) der verschiedenen Gewebearten sind grundsätzlich nicht variabel, hängen aber von der Durchblutungsstärke des jeweiligen Gewebes ab (ASCHOFF, 1971). Dagegen ändert sich die Hautdurchblutung (Konvektion) in weitem Rahmen, und zwar in Abhängigkeit von den äußeren Klimaverhältnissen (RE-DECKER, 1972). Besonders an den Extremitäten ist die Durchblutung in sehr weitem Maß variabel.

Muskeltätigkeit:

Muskulararbeit ist einer der physiologischen Mechanismen des Organismus zur Wärmebildung. Die erzeugte Wärme fließt zum Teil nach außen ab (LYHS, 1971) und erhöht dadurch die Hauttemperatur.

HARMS (1959) stellte bei einer Zuchtsau und fünf Läufern nach einstündiger Bewegung eine durchschnittliche Erhöhung der Hauttemperatur um 2°C und der Rektaltemperatur um 0,6 - 0,9°C fest.

UNSHELM (1970) maß die Hauttemperatur von Schweinen verschiedener Rassen am Ohrgrund nach einer Belastung durch 1000 m Laufen und stellte dabei bei allen Rassen eine Erhöhung fest, jedoch mit signifikanten Unterschieden zwischen den Rassen. Bei der Rasse Göttinger Miniaturschwein lag die Erhöhung ungefähr bei 2,5°C, bei den anderen Rassen bei ca. 1,5°C.

Nahrungsaufnahme:

Die Meinungen über die Frage, ob die Nahrungsaufnahme einen Einfluß auf die Hauttemperatur hat, gehen auseinander.

HARDER (1937) verneint eine Auswirkung der Nahrungsaufnahme bei Schweinen. Dagegen stellte jedoch LANDSIEDEL (1937) bei Rindern nach dem Füttern einen leichten Temperaturabfall an den Gliedmaßen fest und erklärt dies mit einer Blutableitung zu den Verdauungsorganen; die Temperaturen am Kopf (Masseter, Stirn, Flotz-

maul) sind durch die Kauarbeit gestiegen. Die Temperaturen am Rumpf haben sich bei LANDSIEDEL (1937) nicht eindeutig verändert.

Auch JOHNSON und WEBSTER (1967) fanden bei "British Cross"-Rindern (Shorthorn x Hereford) nach 2-3-tägigem Hungern und anschließendem Füttern ein deutliches Ansteigen der Ohrmuscheltemperatur.

Der Einfluß eines Nahrungsentzugs wurde von ANGSTL (1914, zit. n. LANDSIEDEL, 1937) untersucht. Er fand ein Sinken der Hauttemperatur bis zu 4-5°C, besonders an den Extremitäten.

Psychische Erregung:

Von mehreren Autoren wurde die Frage untersucht, ob psychische Erregung die Hauttemperatur beeinflusst. PFLEIDERER und BUTTNER (1935) vertreten die Ansicht, psychische Einflüsse hätten keine Auswirkungen auf die Hauttemperatur. Hingegen fand HARDER (1937) eine deutliche Erhöhung der Hauttemperatur bei zwei Schweinen, die sich über das Betreten ihres Stalles durch fremde Personen aufregten. Er weist besonders darauf hin, daß in diesem Fall sämtliche Hautstellen wärmer waren, wohingegen beim Laufen der Tiere nur "eine gewisse Erhöhung der Hauttemperatur über den Muskeln, eventuell auch über den Gelenken denkbar wäre".

HARMS (1959) band zwei Lauferschweine mit einem Strick an, worauf die Hauttemperaturwerte dieser beiden Schweine deutlich höher als die ihrer Stallgefährten lagen. Die Möglichkeit, daß die körperliche Anstrengung der Tiere, also Muskelarbeit, so schnell die Hauttemperatur erhöht haben konnte, verneint HARMS; vielmehr sieht er als Ursache für den Anstieg der Hauttemperatur die psychische Erregung, die die Vasomotoren und damit die Durchblungsverhältnisse in der Peripherie beeinflußt habe.

Der hier angedeutete Zusammenhang zwischen psychischer Erregung und Hauttemperatur besteht über die nervöse Steuerung der Hautgefäße. Diese nervöse Steuerung der Hautgefäße ist nach NICKEL et al. (1976) rein sympathisch, kann aber dennoch je nach Sympathikotonus eine Verengung oder auch Erweiterung der Hautgefäße bewirken. Für den Menschen geben PRIGATANO und JOHNSON (1974),

BLOOM und TRAUTT (1977), ZIEGLER (1983) und SCHANDRY (1983) an den Handgefäßen bei psychischer Belastung im Sinne der Angst eine Vasokonstriktion an.

Topographie der Meßpunkte:

Wegen der an verschiedenen Körperstellen ganz unterschiedlichen Kombinationen von inneren und äußeren Faktoren, deren Ergebnis die Hauttemperatur ist, liegt es nahe, daß die Lage des jeweiligen Meßpunkts sich auf die Hauttemperatur auswirkt.

Allgemein gesprochen liegt die Hauttemperatur des Rumpfes näher an der Rektaltemperatur als die der apikalen Organe, jedoch nähern sie sich bei höherer Umgebungstemperatur einander an.

NICHELMANN und LYHS (1970) stellen die Gründe dafür zusammen. Die relativ konstant hohen Temperaturen am Rumpf entstehen dadurch, daß sich in der Rumpfhaut weniger Gefäße finden als in der Extremitätenhaut und arteriovenöse Anastomosen bisher überhaupt nicht nachgewiesen wurden, ferner dadurch, daß die Rumpfgefäße weniger reaktiv sind als die Gefäße der Extremitäten, sowie drittens dadurch, daß am Rumpf durch Wärmeleitung die kleine Strecke Kern-Haut schnell überbrückt werden kann, so daß also insgesamt die Haut des Rumpfes bei der Regulation der Wärmeabgabe nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Umgekehrt gilt für die apikalen Organe, über die die Wärmeabgabe im wesentlichen abläuft, daß ihre Oberfläche im Verhältnis zum Volumen relativ groß ist, daß ihre Gefäßreaktionen stärker sind und mehr arteriovenöse Anastomosen vorkommen, und daß durch die Nähe von Arterien und Venen ein Gegenstromwärmeaustausch möglich ist. Durch diese Gegebenheiten kommt es für die bei uns vorherrschenden gemäßigten Umgebungstemperaturen zu der Erfahrungstatsache, daß die Extremitäten kühler sind als der Rumpf; das gleiche gilt für Ohren und Schwanz.

Art und Rasse:

Wie die Rektaltemperaturen sind auch die Hauttemperaturen tierartlich nur leicht verschieden. STEPHAN und REDECKER (1970) sehen als jeweils artspezifische Gründe für die Unterschiede auf der

einen Seite anatomische Gegebenheiten, wie Dicke und histologischer Aufbau der Haut, Relation zwischen Körpervolumen und Körperoberfläche, Oberflächenvergrößerung durch Hautfalten, Farbe, Dichte und Aufbau der Haare sowie ggf. die Dauerpigmentierung der äußeren Hautschichten. Auf der anderen Seite stehen physiologische Maßnahmen, nämlich die Stellung der Haare oder Federn zur Haut sowie die passive und aktive Wasser- bzw. Schweißverdunstung und die Blutversorgung.

Auch innerhalb der Spezies schwanken mit den Rassen die genannten Einflußfaktoren und damit auch die Hauttemperatur, und zwar aus den gleichen bereits oben genannten anatomischen und physiologischen Gründen.

Für Rinder fanden JOHNSON und WEBSTER (1967) einen hoch signifikanten Unterschied in der Hauttemperatur am Rumpf zwischen British Cross- (Shorthorn x Hereford) und Zebu Cross-(Brahman/Afrikaner x englische Rassen) Rindern. STEWART und BRODY (1956) machten zwischen Jersey- und Holstein-Rindern ebenfalls geringe Unterschiede in Haut- und Haartemperatur aus.

Bei Schweinen verschiedener Rassen im Ruhezustand wies UNSHELM (1970) signifikante Unterschiede der am Ohrgrund gemessenen Hauttemperatur nach. Das Göttinger Miniaturschwein hatte dabei die niedrigste Hauttemperatur, die höchsten hatten das Mangalica- und z.T. das Weideschwein, und dazwischen lagen die Fleischrassen Piétrain und Deutsche Landrasse.

Alter und Geschlecht:

Bezüglich der Auswirkung des Lebensalters geht die Meinung der meisten Autoren dahin, daß mit zunehmendem Lebensalter die Hauttemperaturwerte sinken. Diese Tendenz ergab sich für Rinder bei LANDSIEDEL (1937), nach dem aber Rinder im Fresserstadium die niedrigste Hauttemperatur haben sollen; für Schweine bei HARDER (1937) und, etwas weniger deutlich, bei HARMS (1959) und LEINEWEBER (1961), für Pferde bei SCHAAF (1944).

Demgegenüber stellte UNSHELM (1970) an den von ihm untersuchten Schweinen verschiedener Rassen im Alter zwischen 100 und 190 Ta-

gen eine Abnahme der Hauttemperatur nur beim Weideschwein fest, während sie beim Piétrainschwein etwa gleichbleibt und bei der Deutschen Landrasse und den Göttinger Miniaturschweinen bis zum 150., bei Mangalica-Schweinen bis zum 190. Tag sogar ansteigt.

Auch FLORES (1978) konnte an den von ihm untersuchten erwachsenen Pferden keine Altersabhängigkeit erkennen.

Ähnlich widersprüchlich stellt sich der Einfluß des Geschlechts auf die Hauttemperatur dar. Bejaht wird ein Unterschied in der Hauttemperatur zwischen den Geschlechtern bei Schweinen von HARDER (1937), bei dem weibliche Schweine zwischen den Schulterblättern über 1°C wärmer waren als männliche Kastraten, sowie von UNSHELM (1970), der ebenfalls eine Tendenz zu einer höheren Hauttemperatur bei Sauen erkennt.

Umgekehrt machten bei Hühnern BUCHMILLER (1912), bei Schafen BENEDICT (1925) sowie bei Warmblutpferden SCHAAF (1944) bei den männlichen Tieren höhere Temperaturen als bei den weiblichen aus.

Verneint wird dagegen eine Auswirkung des Geschlechts auf die Hauttemperatur bei Hühnern von BÜHL (1951), bei Schafen von HOFFMANN (1938), sowie für das Pferd von FLORES (1978).

Für das Rind scheinen zum Einfluß des Geschlechts keine Untersuchungen vorzuliegen.

Pathologische Veränderungen:

Seit langer Zeit wurde versucht, Veränderungen der Hauttemperatur im klinischen Bereich für die Erkennung pathologischer Zustände, namentlich von Entzündungen, zu deren Kardinalsymptomen die Wärme zählt, zu nutzen.

Eine Erhöhung der mittleren Temperatur der Körperoberfläche um $1,4^{\circ}\text{C}$ stellte LEINWEBER (1961) bei rotlaufkranken Schweinen fest, wobei die Temperaturdifferenz der Backsteinblättern gegenüber der gesunden Umgebung bis zu $2,8^{\circ}\text{C}$ ausmachte. Bei einem Schwein mit Panaritium fand er am Fesselgelenk um mehrere Grad höhere Hauttemperaturwerte.

V. BÄRENSPRUNG (1852) maß am Menschen während des Fiebers in der Hohlhand im "Fieberfrost" 22 - 22,6°C, in der "Fieberhitze" 30-32,5°C, beim Gesunden dagegen 28 - 29,5°C.

Tageszeit:

Ähnlich der Rektaltemperatur besitzt auch die Hauttemperatur einen diurnalen Rhythmus. Da die Hauttemperatur wesentlich von der Rektaltemperatur mitbedingt wird, verwundert es nicht, daß die meisten Autoren eine Parallelität zwischen den Tageskurven der Temperaturen von Haut und Rektum beobachten, wobei das Minimum am frühen Morgen und das Maximum am späten Nachmittag bzw. am Abend liegt (Mensch: ÖHLER, 1904; Rind: LANDSIEDEL, 1937; Schwein: HARDER, 1937, RÖHLINGER et al., 1980).

HARDER (1937) gibt für seine Beobachtungen am Schwein außerdem noch an, daß die Amplituden der Hauttemperatur im Tagesverlauf am geringsten an Unterarm und Inguinalbeuge, am stärksten an Ohr- und Schwanzspitze waren.

Nach LYHS (1971) beruhen diese Tagesschwankungen auf einer Sollwertverstellung, wobei Licht und Dunkel als Zeitgeber wirken; das Temperaturminimum liege bei Säugern zwischen 3 und 6 Uhr, das Maximum zwischen 18 und 21 Uhr.

OBERFLÄCHLICHE FAKTOREN

Oberflächengestaltung:

Aus physikalischen Gründen beeinflusst die Form eines Körpers bzw. Körperteils die Wärmeabgabe an die Umgebung. Bei gleicher Durchblutung haben vorspringende und stark gekrümmte Körperteile einen relativ größeren Wärmeverlust (PFLEIDERER und BÜTTNER, 1935), da ihre Oberfläche, bezogen auf das Volumen, größer ist (MOUNT, 1968).

Behaarung:

Besonders die Behaarung bzw. Befiederung der Haut hat, wie bereits erwähnt, einen starken Einfluß auf die Hauttemperatur, da sie sowohl die Abstrahlung als auch die Konvektion von der Haut reduziert. SAGNER (1954) spricht in diesem Zusammenhang von einem

"Privatklima", das sich stark behaarte Tiere, besonders das Schaf, durch diese Isolationswirkung erzeugen. Nach TRAUT (1913) schwanken die Temperaturen bei einem Schaf unter dem Vlies bei gewöhnlichen Außentemperaturen nur um 1 - 2°C.

Mehrere Untersuchungen beschäftigen sich mit den Differenzen der Temperaturen über dem Haarkleid bzw. darunter, also direkt auf der Haut.

Für das Rind stellte LANDSIEDEL (1937) Unterschiede von bis zu 5 - 7°C auf bzw. unter dem Haar an der Stirn fest; andere Regionen wiesen weniger große Unterschiede auf. Kälber sollen den besten, Fresser den schlechtesten Haarschutz haben. NOMMENSEN (1938) fand bei der Ziege Differenzen von 2 - 3°C. Am Schwein fand HARMS (1959) bei starker Behaarung deutlich höhere Temperaturwerte direkt auf der Haut als an Stellen mit schwacher Behaarung.

Im wesentlichen hängt der Kälteschutz also von der jeweiligen Ausbildung des Haarkleides ab. Dies bestätigte auch der Versuch von HOFFMANN (1938), der Hammel mit 8 und 2 cm Wollänge in eine Umgebungstemperatur von 4°C brachte, wo bei den langwolligen Tieren die Temperatur unter dem Vlies gleichblieb; bei den kurzwolligen dagegen sank sie um 2°C.

Sensible und insensible Perspiration:

Die Verdunstung von Wasser auf der Körperoberfläche stellt den wirksamsten der vier Wärmeabgabemechanismen im äußeren Wärmestrom dar. Schon ohne sichtbare Schweißbildung läuft dauernd die "insensible" Wasserdiffusion durch die obersten Epidermisschichten und anschließende Verdunstung ab, deren Anteil an der Gesamtwärmeabgabe zusammen mit der Wärmeabgabe von den Atemwegen HÖRNICKE (1987) auf 10 - 20% beziffert.

Bei ungenügender Wirksamkeit der übrigen Wärmeabgabemechanismen setzt durch Schweißsekretion oder Hecheln die sensible Wasserableitung ein, die die Ausnutzung von Verdunstungskälte erlaubt, wobei die Hauttemperatur sinkt. So stellten z. B. BOECKH (1910)

und SCHMÄLER (1912) übereinstimmend starke Hauttemperaturerniedrigungen nach Schweißausbruch fest.

Allerdings ist die Möglichkeit der Schweißsekretion bei den einzelnen Spezies unterschiedlich ausgeprägt. HORNICKE (1987) teilt die Haus- und Labortiere hinsichtlich des Vorkommens und der Verteilung thermisch stimulierbarer Schweißdrüsen in vier Gruppen ein, wobei die hier besonders interessierenden Arten Rind und Schwein in die Gruppe der Tiere mit aktiven Schweißdrüsen nur auf behaarter Haut, nicht jedoch auf den Sohlenflächen fallen.

Die Leistungsfähigkeit dieser Schweißdrüsen ist nach NICHELMANN und LYHS (1971) jedoch zumindest im Vergleich zum Menschen gering. Beim Rind sehen sie den Grund dafür im sekretionsärmeren Drüsentyp (apokrin statt ekkrin beim Menschen) und in der schlechten Blutversorgung der Schweißdrüsen. Beim Schwein finden sich ebenfalls apokrine Schweißdrüsen, deren Funktionieren aber durch ein Hornstückchen verhindert wird, das den Ausführungsgang jeder Drüse nahe der Oberfläche verlegt (STEINHARDT, 1971).

Rind und Schwein müssen deshalb bei hohen Temperaturen Wärme durch beschleunigte Atmung aus den Atemwegen abgeben, was zumindest direkt keinen Einfluß auf die Hauttemperatur hat.

AUSSERE FAKTOREN

Lufttemperatur:

Alle Autoren sind übereinstimmend der Meinung, daß die Umgebungstemperatur als eine der beiden Größen, zwischen denen die Körperoberflächentemperatur ausgleicht, den Haupteinflußfaktor auf die Oberflächentemperatur des Körpers darstellt. Ein Steigen oder Fallen der Lufttemperatur hat Erhöhung oder Erniedrigung der Hauttemperatur zur Folge (u.a. BOECKH, 1910; LANDSIEDEL, 1937; HARDER, 1937; SAGNER, 1954; HARMS, 1959; BLAXTER, 1962; MOUNT, 1968; LYHS et al., 1968; NICHELMANN, 1971; PALMER, 1983).

Die größten Schwankungsbereiche haben die sog. apikalen Organe, d.h. Gliedmaßen und Ohren. Mit steigender Umgebungstemperatur nähert sich die Hauttemperatur der apikalen Organe der des Rumpfes

an (LEINEWEBER, 1961; LYHS et al., 1968). LYHS et al. (1968) stellten bei den von ihnen untersuchten Lufttemperaturen von 5, 15 und 25°C die größten Streuungen zwischen den Tieren bei 5°C und die kleinsten bei 25°C fest.

Luftgeschwindigkeit:

Die Wirkung der Luftgeschwindigkeit auf die Hauttemperatur beruht nach LEINEWEBER (1961) auf zwei Mechanismen. Zum einen erhöht sie die Konvektion, indem immer neue Luftschichten von niedriger Temperatur an die Haut herangebracht werden. Zum anderen fördert sie die Verdunstung, da die neu herangebrachten Luftschichten auch jeweils eine geringere Feuchtigkeitssättigung als die verdrängte Luft haben.

Übereinstimmend kommen SCHOTT (1914), LOEWY und DORNO (1925), SAGNER (1954) und HARMS (1959) zu dem Ergebnis, daß die Temperaturen an Extremitäten, Ohren und Schwanz am empfindlichsten auf Luftbewegung reagieren. Auch über die Richtung der Änderung in der Hauttemperatur bei zunehmender Luftgeschwindigkeit, nämlich ein Abfallen, ist die Meinung der genannten Autoren einheitlich. Je niedriger die Temperatur, desto stärker ist die kühlende Wirkung der Luftbewegung.

Bei Schweinen im Alter zwischen einer und 23 Wochen bewirkte nach den Untersuchungen von MOUNT (1968) steigende Luftgeschwindigkeit bei einer Umgebungstemperatur von 34°C überhaupt keine Änderung der Hauttemperatur. Bei tieferen Umgebungstemperaturen fiel die Hauttemperatur jedoch mit zunehmender Luftgeschwindigkeit.

An der von ihnen untersuchten Population von Schweinen stellten RÖHLINGER et al. (1980) fest, daß hohe Luftgeschwindigkeit, z.B. in der Nähe von Ventilatoren oder geöffneten Türen, zu extremen Schwankungsbreiten der Hauttemperatur führte.

Luftfeuchte:

Ähnlich wie die Luftgeschwindigkeit hängt auch der Grad der Auswirkung der Luftfeuchte auf die Hauttemperatur von der Lufttemperatur ab (SAGNER, 1954; LEINEWEBER, 1961).

Hoher Feuchtigkeitsgehalt der Luft hat theoretisch zwei gegensätzliche Effekte auf die Wärmeabgabe. Auf der einen Seite erschwert hohe Luftfeuchte die Verdunstung, auf der anderen Seite steigt mit der Luftfeuchte auch die Leitfähigkeit der Luft und damit die Wärmeabgabe durch Konduktion (FRÖHLICH, 1959). Bei hohen Lufttemperaturen nun, wo der größte Anteil der Wärmeabgabe über die Verdunstung abläuft, kommt der verdunstungshemmende Effekt stärker zum Tragen, es entsteht das Gefühl "drückender Schwüle". Umgekehrt entfällt bei niedrigen Lufttemperaturen ein größerer Teil der Wärmeabgabe auf die Konduktion, und diese wird durch steigende Luftfeuchte noch gefördert, "so daß uns feuchte Kälte empfindlicher trifft als trockene" (FRÖHLICH, 1959). MIESSNER-SCHOOP (1935) sieht die Grenzlinie zwischen den beiden Wirkungsmechanismen bei 15°C.

Absolute Zahlenangaben über die Auswirkung der Luftfeuchtigkeit auf die Hauttemperatur sind in der Literatur kaum zu finden, da es versuchstechnisch schwierig ist, die Luftfeuchte isoliert von den anderen beiden Klimafaktoren Luftgeschwindigkeit und besonders Lufttemperatur zu variieren.

MIURA (1931) beobachtet bei Erhöhung der relativen Luftfeuchte einen Hauttemperaturanstieg, SCHULTZE (1931) eine Abkühlung, und TALBOT (1931) sieht keinen Einfluß der Luftfeuchte auf die Hauttemperatur. HARDER (1937) meinte, einen erniedrigenden Einfluß auf die Hauttemperatur festzustellen. Dagegen fand SCHAAF (1944) bei seinen Untersuchungen am Pferd einen geringgradigen Anstieg bei erhöhter relativer Luftfeuchte.

Eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte von 70% auf 85% bewirkte bei Schweinen nach LEIENEWEBER (1961) bei 25°C Lufttemperatur eine Erhöhung der Hauttemperatur um 1°C. In derselben Untersuchung war bei 36°C Lufttemperatur und 45% relativer Feuchte die mittlere Hauttemperatur immer noch um 1,1°C niedriger als bei 31°C und 100% relativer Luftfeuchte.

RÖHLINGER et al. (1980) stellten bei Schweinen hinsichtlich der Wirkung der Luftfeuchte auf die "transversale" Schwankungsbreite, d.h. von Tier zu Tier, fest, "daß bei 40 -70% relativer Luft-

feuchte die Streuung an den Meßpunkten wesentlich geringer ist als bei darüber liegenden Werten".

2.4. Spezielle Einflußfaktoren bei der Infrarot-Messung

Sonnenstrahlung:

Wie erwähnt hängt es von der Wellenlänge einer einfallenden Strahlung ab, ob unterschiedliche Pigmentierung von Hautstellen einen unterschiedlichen Emissionsfaktor hat.

Für die im Bereich der Körperoberflächentemperaturen sich ergebende Infrarot-Strahlung mit einer Wellenlänge von etwa 10 μm (GANSSEN, 1971) ist der Absorptionsgrad der verschiedenen Farben weitgehend gleich. Für das wesentlich kürzerwellige Sonnenlicht mit einem Strahlungsmaximum bei 0,6 μm (GANSSEN, 1971) jedoch unterscheidet sich der Absorptionsgrad von hellen und dunklen Farben deutlich (HARDY, 1949, am Menschen; KELLY et al., 1954, am Schwein; STEWART, 1953, am Rind; PALMER, 1981, am Pferd), so daß sich bei Sonneneinstrahlung für verschiedene Fellfarben verschiedene Hauttemperaturen ergeben (CLARK und CENA, 1972).

Meßentfernung:

Über den Einfluß der Meßentfernung auf den Meßwert sind kaum Untersuchungen angestellt worden. Eine theoretische Antwort auf die Frage gibt MESTER (o.J.), der darlegt, daß bei den sog. Pyrometern die Temperaturbestimmung dadurch erfolgt, daß die Wellenlänge festgestellt wird, auf der ein Körper am meisten strahlt. Diese hängt nach dem Wien'schen Verschiebungsgesetz nur von der Temperatur des Körpers, nicht jedoch vom Meßabstand ab, so daß also die Messung mit dem Pyrometer entfernungsunabhängig ist.

Entsprechend fand auch PALMER (1981), der allerdings mit sehr kleinen Meßentfernungen von 1 bis 3 cm arbeitete, für gleiche Meßstellen unabhängig von der Distanz fast exakt gleiche Meßwerte.

Fellzustand:

Der Zustand des Felles an der Meßstelle beim Tier könnte sowohl direkt als auch indirekt den pyrometrisch gemessenen Wert der Oberflächentemperatur beeinflussen.

Indirekt wurde der Meßwert dadurch beeinflußt, daß bei manchen Fellzuständen tatsächlich die Hauttemperatur selbst sich ändert. Nässe im Fell beispielsweise übt durch Verdunstung und Formveränderung des Felles, das im nassen Zustand enger anliegt, einen kühlenden Effekt auf die Haut aus (BLAXTER, 1962; MOUNT, 1968). Umgekehrt erhöht Piloerektion die Isolationswirkung des Haarkleids (BLAXTER, 1962).

Ein direkter Einfluß auf den pyrometrisch erhaltenen Meßwert ist dadurch zu erwarten, daß das Pyrometer nicht direkt auf der Hautoberfläche mißt, sondern auf einer radiativen Oberfläche, also der Schicht innerhalb des Haarkleides, wo die Aufspaltung der verschiedenen Energieströmungen zwischen dem Tier und seiner Umwelt stattfindet (CLARK und CENA, 1972) und von wo damit auch die Wärmestrahlung ausgeht.

KELLY et al. (1954) stellten bei Vergleichsmessungen fest, daß die durch Messung der Infrarot-Strahlung erhaltenen Werte jeweils zwischen den mittels Thermoelement gemessenen Werten unter dem Fell, also direkt auf der Haut, und auf der Felloberfläche liegen, und zwar näher an den Werten der Felloberfläche. Auch KÜPPERS (1973) findet bei der direkten Messung immer geringgradig höhere Werte als bei der indirekten. Nach MOUNT (1968) "sieht" ein Strahlungsmeßgerät eine Kombination aus Fell- und Hauttemperatur.

Umgekehrt jedoch lassen sich aus der Arbeit von GOSSENS (1973) an dicht behaarten Regionen bei Schweinen mit dem Strahlungsthermometer gemessen ca. 3°C höhere Temperaturen entnehmen als mit dem Thermoelement. An unbehaarten Stellen stimmen nach seinen Ergebnissen beide Meßmethoden überein.

Meßwinkel:

Aus der genannten Überlegung, daß das Radiometer nur eine Schicht zwischen Haut- und Felloberfläche, nicht jedoch die Haut selbst "sieht", ist auch ein Einfluß des Meßwinkels zu erwarten.

CLARK und CENA (1972) geben an, daß das Radiometer bei schiefen Blickwinkeln Schichten sieht, die dem Felläußeren und damit der meist kühleren Lufttemperatur näher sind als wenn die Oberfläche senkrecht gesehen wird.

Mit zunehmendem Meßwinkel, d.h. zunehmendem Abstand von der Normalen auf die Meßoberfläche, nimmt nach WATMOUGH et al. (1970) auch das spezifische Strahlungsvermögen ab. Als Zahlenwert geben WATMOUGH et al. (1970) an, daß bis zu einem Meßwinkel von 45° zur Oberflächen-Normalen der dadurch bedingte Fehler an der Haut des Menschen kleiner als $0,5^\circ\text{C}$ sei. Über Hautbereiche, die in einem Meßwinkel von über 45° gesehen werden, lassen sich nach GANSSEN (1971) keine zuverlässigen Aussagen treffen.

2.5. Gelenkschäden bei Kühen und Sauen

Die Intensivierung und Rationalisierung der Tierzucht in den vergangenen Jahren bedeuten für das Tier höhere gesundheitliche Risiken, die häufiger zu schmerzhaften Verletzungen und Krankheiten führen (SOMMER, 1986).

BERNER (1986) stellte fest, daß die eingeschränkte Bewegung bei der Einzelhaltung von Sauen zu mangelhafter Festigkeit von Knochen, Gelenkknorpeln, Bandern und Sehnen führen kann, was die Anfälligkeit für Frakturen, Distorsionen und traumatische Arthritiden erhöht. Umgekehrt wird durch abwechselnden Druck und Entlastung bei der Bewegung die Diffusion im Gelenkknorpel gefördert (LÖFFLER u. MARX, 1983).

Entsprechend fanden GROTH und EICHLER-STEINHAUFF (1978) bei einem Vergleich der Häufigkeit klinisch feststellbarer Schäden an Milchkühen in Anbindehaltung bei 72% der Kuhe wenigstens einen Schaden, in Laufställen dagegen nur bei 25%. Im Kurzstand mit

Gitterrost hatten 33,1% der untersuchten Kühe Schäden am Karpalgelenk und 51,9% am Tarsalgelenk, im Laufstall mit planbefestigtem Boden betrug die Schadenshäufigkeit nur 0,7% für das Karpal- bzw. 4,5% für das Tarsalgelenk. Auch HEIDRICH et al. (1968) fanden an Kühen in Kotrostanbindeställen häufiger Gelenk- und andere Schäden, die sie aber durch bauliche oder technische Maßnahmen für vermeidbar halten. KLEIN-HESSLING (1966) bezeichnete die Sprunggelenkverdickung gar als "typische Gesundheitsschäden in Gitterrostställen".

Sinngemäß die gleichen Ergebnisse erhielt GLOOR (1983) für Sauen. Er verglich Sauen in Gruppenhaltung mit solchen im Kastenstand anhand der "Methode Ekesbo", die aus einer genauen Inspektion der Haut und ihrer Anhangsgebilde besteht und die gefundenen Veränderungen registriert. Dabei fanden sich bei den Sauen im Kastenstand an neun Stellen, darunter Karpus und Tarsus, signifikant mehr Hautschwielen als in der Gruppenhaltung. Diese Schwielen weisen nach SCHEBITZ u. BRASS (1975) auf immer wiederkehrende Quetschungen geringer Intensität hin, die GLOOR (1983) auf langes Liegen in Bauchlage im Kastenstand zurückführt. Auch SOMMER (1979), TASSEMEIER (1975), BACKSTRÖM (1973) und THURLEY (1967) fanden bei der klinischen Untersuchung von im Einzelstand fixierten Sauen mehr Schäden am Bewegungsapparat als an nicht fixierten Vergleichstieren. Zu einem entgegengesetzten Ergebnis gelangten dagegen KLATT und SCHLISSKE (1974).

Zumindest bei entzündlichen Veränderungen ist das klassische Kardinalsymptom Calor, also Wärme, zu erwarten. Die Suche nach Entzündungsherden anhand einer erhöhten Hauttemperatur ist seit jeher Teil des klinischen Untersuchungsganges. STÜNZI u. WEISS (1982) schreiben, daß eine aktive Hyperämie entstehen kann, wenn u.a. mechanische Reize mäßigen Grades auf die Haut einwirken. Ein Kennzeichen für diese Hyperämie sei "eine Steigerung der Temperatur, die jedoch nur an äußeren Körperregionen unmittelbar festzustellen ist." Für das Pferd ist inzwischen auch die instrumentelle Methode zur Erkennung "heißer" Stellen an den Gliedmaßen, die auf einen entzündlichen Vorgang hindeuten, etabliert, wie zahlreiche Veröffentlichungen beweisen (z.B. FLORES, 1978; PUROHIT und McCOY, 1980; PICK, 1984).

Die gleichen pathologischen Mechanismen wie beim Pferd sind ohne Zweifel auch bei den anderen Spezies wirksam. Interessant erscheint jedoch, ob sich bei Hauttemperatur-Messungen an den Gelenken ein Korrelat zu den geschilderten erhöhten Schadenshäufigkeiten in den Haltungssystemen mit Einzeltierfixation finden läßt.

2.6. Belastungssituationen beim Schwein

2.6.1. Absetzen

Saugferkel sind beim Absetzen von der Mutter einer ganzen Reihe von Belastungsfaktoren ausgesetzt. Nach BOLDUAN u. JUNG (1980) muß das Ferkel folgende Umstellungen auf einmal bewältigen:

- Futterumstellung
- Ortswechsel
- Wechsel der thermischen Umgebung
- nur noch Wasser als Flüssigkeit
- Umstellung von der Sägeordnung auf eine neue Rangordnung.

Allein der Ortswechsel ist nach DANTZER u. MORMEDE (1983) ein starker Reiz, der, gemessen als ACTH-Anstieg, dieselbe Belastung darstellt wie eine Serie von Stromstößen, denen das Tier nicht ausweichen kann.

Bei einer derart umfassenden Belastung überrascht es nicht, daß auch Parameter aus verschiedenen Funktionskreisen gefunden wurden, die sich durch das Absetzen zumindest vorübergehend verändern. So fanden LECCE et al. (1979) ein Absinken der Futteraufnahme durch das Absetzen, STANTON u. MUELLER (1976) sowie BOLDUAN u. JUNG (1980) ein Absinken der täglichen Zunahme, BLECHA et al. (1983) ein Abfallen des Antikörper-Titers.

Die Frage ist nun, ob die durch das Zusammenwirken der genannten Faktoren entstehende Belastung auch einen meßbaren Einfluß auf die Temperatur der Haut ausübt und damit leicht erfaßbar ist.

2.6.2. Transport

Auch der Transport von Tieren setzt diese einer Vielfalt von Umweltfaktoren aus, die STEINHARDT u. LYHS (1974) folgendermaßen angeben:

- visuell wahrnehmbare Umwelt
- Lärm und Geräusche
- Vibrationen
- Schmerz erzeugende Einwirkungen
- Gerüche
- Temperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte, Wärmestrahlung
- Gase
- Druckänderungen
- positive und negative Beschleunigungen
- Sozialfaktoren
- mikrobielle Umwelt
- Wasserversorgung.

Durch diese Umweltfaktoren kommt es zu einer allgemeinen adrenergen Reaktionslage. Außerdem wird anlässlich des Transportes auch die Muskelmasse der Tiere aktiviert. Beide Effekte haben eine erhöhte Energieumsetzung und damit Wärmebildung zur Folge. Die vermehrt gebildete Wärme wird zunächst durch eine Steigerung der Wärmeabgabe kompensiert, indem die Hauttemperatur erhöht wird. Die Wirkung der physischen und der psychischen Komponente greifen dabei ineinander und sind nicht voneinander zu trennen (STEINHARDT u. LYHS, 1974).

Beispiele für das Verhalten der Hauttemperatur bei körperlicher Belastung geben u.a. UNSHELM (1970) sowie STEINHARDT u. LYHS (1974), die Schweine einer Laufbelastung aussetzten und einen deutlichen Anstieg der Hauttemperatur feststellten. Sobald über die erhöhte Hauttemperatur nicht mehr genügend Wärme abgegeben werden kann, steigt die Rektaltemperatur.

Auf eine psychische Belastung führen dagegen HARDER (1937) sowie HARMS (1959) den Hauttemperatur-Anstieg zurück, der sich bei

ihren Messungen ergab, als fremde Personen den Stall betraten bzw. als die Schweine an einem Strick angebunden waren.

Die Belastungsfaktoren mit einem besonders starken Einfluß auf die Rektaltemperatur nach einem Transport sind nach v. MICKWITZ et al. (1971) der Schwülefaktor sowie die pro Tier verfügbare Liegefläche. Je kleiner die Fläche pro Tier auf dem Transport war, desto schlechter war der Zustand der Tiere bei der Ankunft. Besonders bei Transporten mit Liegeflächen unter $0,42 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ und Außentemperaturen über 12°C stellten sie bei Transportende zunehmend höhere Körpertemperaturen fest, die auch eine Stunde später noch weit oberhalb der Normalwerte lagen.

Wie SYBESMA u. v. LOGTESTIJN (1966) nachwiesen, ist eine erhöhte Körpertemperatur vor der Schlachtung eng korreliert mit einer höheren Fleischtemperatur nach der Schlachtung, was wiederum zu vermehrtem Auftreten von PSE-Fleisch führt. V. LOGTESTIJN et al. (1970) schlagen daher vor, anhand der Körpertemperatur Aussagen über den Zustand von Schlachttieren vor dem Töten zu machen. ABT (1972) und RUNGE (1972) geben eine Körpertemperatur von $39,7^\circ\text{C}$ als die Grenze an, über der in der Mehrzahl der Fälle mit exsudativem Fleisch zu rechnen ist.

Um den für die Erfassung der Rektaltemperatur nötigen Zeitaufwand zu reduzieren, untersuchte KÜPPERS (1973) an körperlich unbelasteten Tieren, welche Korrelationen zwischen den schneller zu erfassenden Hauttemperaturen und der Körpertemperatur bestehen. Er fand je nach Meßpunkt Korrelationen von maximal etwa 0,5, was ungefähr mit den von UNSHELM (1970) ermittelten Werten übereinstimmt.

DEBBELT (1975) untersuchte mit einem Kontaktthermometer die durch LKW-Transporte von Mastschweinen entstehenden Änderungen der Hauttemperatur sowie der Rektaltemperatur und fand jeweils hoch signifikante Anstiege von Körper- und Ohrgrundtemperatur durch den Transport. Die von ihm berechneten Korrelationen lagen vor dem Transport bei $r=0,69$ (Ohrgrund - Rektaltemperatur), unmittelbar nach Ankunft immer noch bei $r=0,59/0,51/0,60$ (Ohrgrund/Rücken/Anus). Mit zunehmendem Abstand von der Ankunft verschlechter-

ten sie sich jedoch und fielen unter 0,5, am Rücken sogar unter 0,4 ab.

Falls es gelänge, mit einer einfachen, billigen und schnell durchzuführenden Methode wie z.B. der Infrarot-Thermometrie den Grad der Belastung bei Schweinen nach einem Transport zu messen, könnte damit in doppelter Hinsicht weitergearbeitet werden. Zum einen wäre dies eine Möglichkeit, um die Transportbedingungen mit dem Tier als Indikator zu beurteilen. Zum anderen könnte durch einen Tötungsaufschub für physiologisch besonders belastete Tiere, die PSE-Fleisch erwarten lassen, eine nachhaltige Verbesserung der Fleischqualität erreicht werden.

2.6.3. Belegdichte

Eine möglichst weitgehende Einschränkung der Bewegungsmöglichkeit für die Tiere und maximale Ausnutzung der Stallfläche ist eines der Kennzeichen einer intensiven Tierhaltung.

Für Mastschweine über 45 kg Lebendgewicht auf Spaltenboden liegt nach dem Entwurf für eine Schweine-Haltungsverordnung vom 17.3.1987 das zulässige Flächenminimum bei 0,6 m².

SCHLICHTING (1987) zitiert Untersuchungen, wonach Schweine in der Endmastphase mit 0,5 m² verfügbarer Buchtenfläche je Tier in ethologischen und physiologischen Merkmalen belastungsanzeigend reagieren.

WINGERT und KNOTT (1960), GEHLBACH et al. (1966), HUGH und REIMER (1967), PICKETT et al. (1969) sowie BRYANT und EWBANK (1974) verglichen die täglichen Zunahmen von verschieden dicht aufgestellten Schweinen und fanden übereinstimmend die kleinsten Zunahmen bei der engsten Aufstallung. MUGGENBERG et al. (1967) sowie PICKETT et al. (1969) beobachteten außerdem eine erhöhte Häufigkeit von Speiseröhren- bzw. Magengeschwüren bei der engen Aufstallung.

EWBANK und BRYANT (1972) beobachteten vermehrt aggressives Verhalten bei der am dichtesten aufgestellten von ihren Gruppen, wohingegen bei BRYANT und EWBANK (1974) die Belegdichte das Auftreten aggressiven Verhaltens nicht signifikant beeinflusste. Bei allen genannten Untersuchungen lag die größte Belegdichte etwa bei zwei Tieren pro m².

Auch für diesen sozialen Streß, der durch Reduzierung der Buchtenfläche auf ein Maß entsteht, das in den angeführten Untersuchungen die genannten Parameter negativ beeinflusst hat, soll deshalb geprüft werden, ob er eine meßbare Reaktion der Hauttemperatur bewirkt.

3. Material und Methode

3.1. Zielsetzung der Versuche

Wie die Literaturübersicht gezeigt hat, diente die Messung der Hauttemperatur anfänglich dazu, generell einen Überblick über ihr Verhalten unter verschiedenen Klimabedingungen zu gewinnen, wobei zuerst das Quecksilberthermometer und später bis in jüngere Zeit das Thermoelement Verwendung fanden. Erst neuerdings wurden auch Infrarot-Thermographie und Infrarot-Thermometrie eingesetzt.

Nachdem die Normalwerte der Hauttemperaturen der verschiedenen Spezies im wesentlichen feststanden, begann man systematisch zu prüfen, ob die Hauttemperatur als Korrelat zu bestimmten klinischen oder fortpflanzungsphysiologischen Zuständen, z.B. Entzündungen oder Brunst, Änderungen erfährt.

In der vorliegenden Arbeit sollten nun die Einsatzmöglichkeiten eines Infrarot-Thermometers auf einem bisher damit nicht bearbeiteten Gebiet, nämlich der Tierhygiene, also der Wechselwirkungen zwischen Tier und Umwelt, untersucht werden. Die hier betrachteten Tierarten sind Rind und Schwein.

Die Messung mit dem Infrarot-Thermometer erfolgt berührungslos, also ohne direkten Kontakt zum Tier. In einem ersten Teil der Arbeit war deshalb abzuklären, wie sich die Meßwerte verhalten, wenn sich Meßabstand und Meßwinkel, Raumklima und Oberflächenverhältnisse am Meßobjekt verändern. Als weitere mögliche einflußnehmende Faktoren wurden Alter, Milchleistung, Graviditätsstand und Rektaltemperatur der Tiere mituntersucht. Abschließend wird in diesem ersten Teil mit Hilfe statistischer Überlegungen unter Einbeziehung der bis dahin gewonnenen Meßwerte eine Aussage über die biologische und die meßtechnische Streuung und damit über die Leistungsfähigkeit der Hauttemperaturmessung im allgemeinen und der Infrarot-Meßmethode im besonderen getroffen.

Sobald die Auswirkungen verschiedener Meßbedingungen abschätzbar sind, soll im zweiten Teil untersucht werden, ob sich die Hauttemperatur - die mit dem Infrarot-Thermometer schnell und bequem zu erfassen ist - dafür eignet, vom Tier, als einem Indikator seiner Haltungsumwelt, Informationen über die Bedarfsgerechtigkeit dieser Umwelt zu erhalten. Als Modell hierfür werden die Hauttemperaturen an den Gelenken von jeweils zwei Gruppen von Kühen und Sauen verglichen, die sehr unterschiedlich (fixiert bzw. frei beweglich) gehalten werden.

Interessant erschien es auch, die Brauchbarkeit der Hauttemperatur als Indikator für eine psychische Belastung des Tieres zu untersuchen. Dies wird im dritten Teil anhand von Mastschweinen versucht, die bestimmten Belastungssituationen (Absetzen, Erhöhen der Belegdichte, LKW-Transport) ausgesetzt werden.

3.2. Meßgeräte

Für die Hauttemperaturmessungen wurde das Meßgerät KT 17 der Firma Heimann GmbH, Wiesbaden-Dotzheim, verwendet. Dieses Gerät erlaubt eine berührungslose Temperaturmessung und arbeitet nach folgendem Meßprinzip:

Der Infrarot-Strahlungsdetektor im Meßgerät empfängt über die infrarotdurchlässige Linse und einen Infrarotfilter die vom Meßobjekt emittierte Strahlung und setzt sie in eine Spannungsänderung um, die nur von der Objektstrahlung abhängt. Wenn der Emissionsfaktor des Meßobjekts, im Falle von Tierhaut 0,96, richtig eingestellt wurde, so ist der Objektstrahlung direkt eine Temperatur zugeordnet, die dann digital angezeigt wird.

In der hier verwendeten Ausführung ist Position und Größe der Meßfläche durch einen Lichtfleck erkennbar. Der Durchmesser des beleuchteten Feldes auf dem Objekt ändert sich mit dem Meßabstand, jedoch nicht linear. Wie Abb. 1 zeigt, ist die Meßfeldgröße außer von der Entfernung auch davon abhängig, ob einer oder beide oder keiner der mitgelieferten Zwischenringe zwischen Objektiv und Meßgerät eingefügt sind.

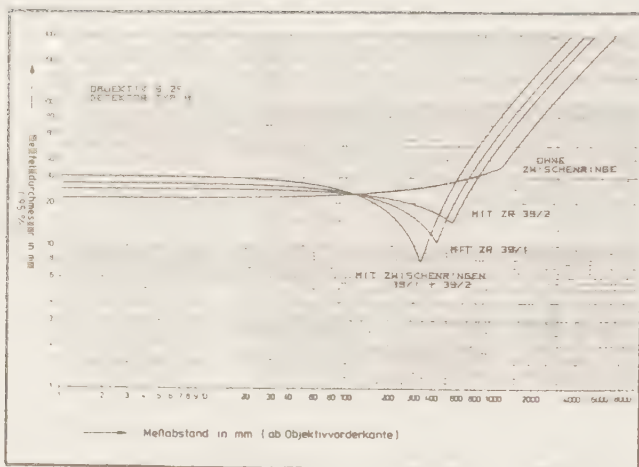


Abb. 1: Meßfeldgröße in Abhängigkeit von der Meßentfernung

Die Versuche für diese Arbeit wurden, mit Ausnahme des Absetz-Versuchs, ohne Zwischenringe ausgeführt, weil dann der Meßfelddurchmesser bei Meßentfernungen zwischen 10 und 80 cm fast konstant ist und erst über einem Meßabstand von 80 cm stark zunimmt.

Im folgenden sollen die wichtigsten technischen Daten genannt werden. Die spektrale Empfindlichkeit des Gerätes umfaßt den Bereich 8-14 μm und ist damit gut für relativ niedrige Temperaturen geeignet. Der Temperaturmeßbereich in der verwendeten Ausführung reicht von -25°C bis $+75^{\circ}\text{C}$ bei 1 Sekunde Einstellzeit, das ist die Zeit vom Anpeilen des Objekts bis zur Anzeige der richtigen Temperatur. Der Emissionsgrad des gemessenen Objekts ist von 0,1 - 1 stufenlos einstellbar. Die Meßgenauigkeit wird für Objekttemperaturen über 0°C bei Umgebungstemperaturen zwischen 15 und 35°C und bei richtig eingestelltem Emissionsgrad mit $\pm 1\%$ vom Meßbereichsendwert (also $\pm 0,75^{\circ}\text{C}$) angegeben. Das Distanzverhältnis, also der Quotient aus Meßfelddurchmesser und Meßabstand, geht je nach Objektiv-Zwischenring-Kombination bis zu 1 : 25, so daß also bei 1 m Entfernung Meßfelddurchmesser von nur 4 cm möglich sind (vgl. Abb. 1). Eine Festhaltetaste erlaubt das Festhalten eines angezeigten Wertes.

Neben dem Meßgerät selbst umfaßt das Meßsystem zwei weitere Teile. Die Energieversorgung für das KT 17 liefert eine Akkutasche mit zwei 6 Volt-Akkus, die über zwei Kabel mit dem Meßgerät verbunden ist. Ein drittes Kabel verbindet die Lampe für die Meßfeldkennzeichnung mit dem dafür benötigten Batteriestab.

Die Rektaltemperatur wurde mit dem elektrischen Thermometer RT 101 der Firma Micronics, München, gemessen. Für die Messung von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit wurde das Kombimeßgerät THERM 2236 der Firma Ahlborn, Holzkirchen, verwendet. Mit einem Kontaktfühler, dessen einer Blattfeder ähnlicher Messbügel leicht aus einem Meßkopf mit einer Aufsetzfläche von etwa 2×3 cm hervorragt, konnte dieses Meßgerät auch als Kontaktthermometer verwendet werden.

Die Luftgeschwindigkeit schließlich wurde mit dem Katathermometer bestimmt.

3.3. Geometrische Einflußfaktoren

Da sich die Bedingungen, unter denen die Messungen der Hauttemperatur vorgenommen werden, in weitem Maß ändern können, war es nötig, zunächst den Einfluß von Faktoren wie Meßabstand und Meßwinkel auf die mit dem Infrarot-Thermometer gemessenen Hauttemperaturwerte zu untersuchen.

3.3.1. Meßabstand

Der Einfluß des Meßabstandes wurde zuerst an der 20×30 cm großen Seitenwand eines Wasserbades mit einer Wassertemperatur von 35°C geprüft. Das auf einem Stativ befestigte Meßgerät wurde in Abständen von 0,2 m, 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m und 2,0 m zum Wasserbad aufgebaut und die Oberflächentemperatur des Wasserbeckens je zehnmal bestimmt. Diese Meßreihe wurde zehnmal hintereinander durchgeführt. Der Lichtfleck, der das gemessene Feld sichtbar macht, paßte dabei immer ganz auf die Beckenwand. Der gleiche Versuchsablauf wurde

anschließend mit der gleichmäßig temperierten Raumwand als Meßobjekt wiederholt.

3.3.2. Meßwinkel

Um die Auswirkung eines unterschiedlichen Meßwinkels am Tierfell zu prüfen, wurden verschiedene im Brutschrank bei 35°C vorgewärmte Stücke Rinderfell, also Haut mitsamt Haarkleid, in einer Größe von ca. 20 x 30 cm an der Wand eines Wasserbeckens flächig anliegend befestigt. Diese Versuchsanordnung gewährleistete eine auf der ganzen Fellfläche gleichbleibende Wärmezufuhr an das Fell. Die Wassertemperatur im Becken betrug ebenfalls 35°C, die Umgebungstemperatur 20°C. Ein stationärer thermischer Zustand stellte sich etwa eine halbe Stunde nach Befestigung des Felles am Wasserbad ein. Erst danach begannen die Messungen.

Zuerst wurde die Temperatur der Felloberfläche im rechten Winkel zur Felloberfläche gemessen. Dann wurde das Infrarot-Thermometer auf einem Kreisbogen im Abstand von 1 m um das Fell geführt und dabei aus jeweils um 10° zunehmenden Winkeln zur Senkrechten die Temperatur der Felloberfläche ermittelt. Von jedem Meßstandort aus wurde zehnmal gemessen. Der ganze Meßzyklus wurde an verschiedenen Fellstücken insgesamt zehnmal wiederholt.

3.4. Einflußfaktoren auf die Hauttemperatur bei Milchkühen

3.4.1. Fellzustand

Da das Infrarot-Thermometer nicht die Hauttemperatur als solche, sondern die Temperatur einer bestimmten Schicht innerhalb des Felles mißt, erhebt sich die Frage, ob und wie stark die Meßwerte des Infrarot-Thermometers vom Fellzustand an der Meßstelle abhängen.

Um diese Frage zu klären, wurden bei jeweils 20 Milchkühen die Hauttemperaturen gemessen, wenn folgende Felltypen vorlagen:

- Anliegendes, glattes, geschlossenes Fell. Gemessen wurde diese Fellklasse bei geeigneten Kühen auf der dorsalen Kruppenfläche.
- Abstehendes, wolliges, gelocktes Fell. Für diese Fellverhältnisse war kein fester Meßpunkt einzuhalten, sondern es wurde unabhängig von der Körperregion dort gemessen, wo das Fell die genannten Bedingungen erfüllte.

Zunächst wurde jeweils mit dem Infrarot-Thermometer bei einem Meßfelddurchmesser von ca. 3 cm gemessen, wobei das Fell wie vorgefunden belassen wurde. Direkt anschließend wurde dieselbe Stelle mit dem beschriebenen Kontakt-Thermometer gemessen, wobei durch leichtes Hin- und Herschieben des Meßkopfes versucht wurde, den Meßbügel direkt auf die Haut zu bringen, ohne noch Haare zwischen Meßbügel und Haut zu haben.

Zur statistischen Auswertung wurde jeweils die Differenz zwischen dem berührungslos und dem mit dem Kontakt-Thermometer erhaltenen Wert einer jeden Stelle gebildet. Aus diesen Differenzen wurde für jede Rasse und Fellbeschaffenheit der Medianwert bestimmt, das ist derjenige Differenzwert, unter und über dem jeweils die Hälfte der beobachteten Differenzen liegt. Die Angabe dieses Medianwertes erscheint deshalb sinnvoll, weil er durch Extremwerte, die hier durch extreme Fellverhältnisse entstehen, nicht nach außen gezogen wird, sondern in der Mitte aller Beobachtungen stehen bleibt und so die Werte durchschnittlich am wenigsten von ihm abweichen.

Ferner wird das Minimum und das Maximum der Differenzen zwischen berührungsloser und Kontakt-Thermometermessung angegeben.

3.4.2. Klimatische und physiologische Faktoren

Zur Ermittlung der bei Milchkühen wirksamen Einflußfaktoren wurden die Hauttemperaturen von 30 Milchkühen der Rasse Deutsches Fleckvieh und 30 Milchkühen der Rasse Deutsche Schwarzbunte in Kurzstand-Anbindehaltung mit Gitterrost (Standlänge 175 cm) bei Umge-

bungstemperaturen von 15°C, 20°C und 27°C an je 13 Meßpunkten gemessen. Die Meßpunkte lagen wie folgt (Abb. 2):

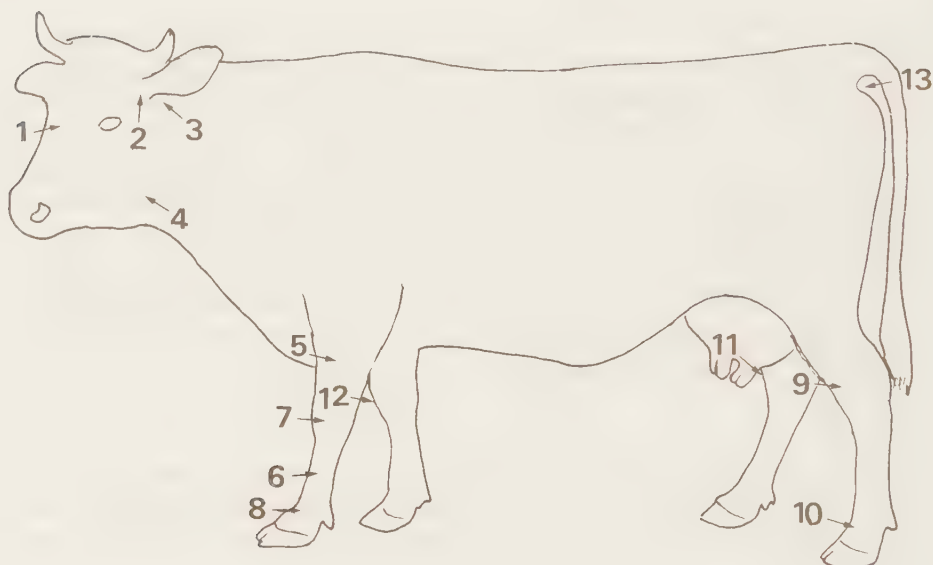


Abb. 2: Lage der Meßpunkte bei den Kühen

- | | |
|------------------------|--|
| 1) STIRN: | Mitte der Verbindungslinie beider Augen |
| 2) OHRANSATZ: | kranial der Ohrmuschelbasis |
| 3) OHRGRUND: | kaudal der Ohrmuschelbasis |
| 4) MASSETER: | laterale Fläche des Musculus masseter |
| 5) UNTERARM: | an der linken Vordergliedmaße Mitte zwischen Ellbogen- und Karpalgelenk über den Unterarmknochen |
| 6) METAKARPUS: | an der linken Vordergliedmaße Mitte zwischen Karpal- und Fesselgelenk über dem Röhrein |
| 7) KARPALGELENK LINKS: | linkes Karpalgelenk zentral |

- | | |
|--------------------------|--|
| 8) FESSELGELENK VORN: | linkes vorderes Fesselgelenk zentral |
| 9) TARSALGELENK LINKS: | linkes Tarsalgelenk zentral, gemessen aus -45° von kranio-lateral |
| 10) FESSELGELENK HINTEN: | linkes hinteres Fesselgelenk zentral, gemessen von kranial |
| 11) TARSALGELENK RECHTS: | rechtes Tarsalgelenk zentral, gemessen aus 45° von kranio-lateral |
| 12) KARPALGELENK RECHTS: | rechtes Karpalgelenk zentral |
| 13) ANUS: | Anus zentral |

Soweit nicht anders angegeben, wurden die Meßpunkte von lateral und möglichst senkrecht zur Meßoberfläche angepeilt. An jedem Meßpunkt wurde direkt nacheinander dreimal die Hauttemperatur erhoben (Dreifachmessung) und daraus der Mittelwert bestimmt. Gemessen wurde jedoch nur, wenn die Stelle frei von Schmutz und Feuchtigkeit war und glattes, anliegendes Fell aufwies.

Zusätzlich wurden außer der Rasse des Tieres und der Lufttemperatur im Stall die relative Luftfeuchtigkeit und die Luftgeschwindigkeit, die Rektaltemperatur eines jeden Tieres, die Tagesmilchleistung bei der letzten Milchleistungskontrolle, das Alter sowie der Graviditätsmonat der Kühe festgestellt. Ferner wurde bei 40 Tieren die Fellfarbe am jeweiligen Meßpunkt festgehalten.

Das auf diese Weise an Kühen gewonnene Datenmaterial wurde folgendermaßen ausgewertet. Für die Faktoren Rasse und Haarfarbe wurde der t-Test nach STUDENT verwendet, um zu prüfen, ob an einem bestimmten Meßpunkt bei Tieren verschiedener Rasse bzw. bei Tieren gleicher Rasse, aber mit verschiedener Fellfarbe am Meßpunkt, signifikant verschiedene Hauttemperaturen herrschen. Anhand desselben Datenmaterials wurde anschließend über eine Varianzanalyse der Einfluß der Faktoren Rasse, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Alter, Graviditätsmonat, Milchleistung und Rektaltemperatur bestimmt (Programm SPSS-X, Prozedur ANOVA).

3.4.3. Statistische Kennwerte

Zur Beurteilung der Meßpunkte und der Meßmethode wurde eine "meßtechnische" und eine "biologische" Streuung bestimmt.

Für die meßtechnische Streuung wurde der Mittelwert der Standardabweichungen aus der Dreifachmessung aller Kühe an einem Meßpunkt gebildet.

Die biologische Streuung wurde so berechnet, daß der Mittelwert aus der Dreifachmessung gebildet wurde und aus diesen Mittelwerten von allen Kühen an einem Meßpunkt die Standardabweichung berechnet wurde.

Schließlich wurden die Korrelationen zwischen der Haut- und der Rektaltemperatur bestimmt.

3.5. Einflußfaktoren auf die Hauttemperatur bei Zuchtsauen

3.5.1. Fellzustand

Analog zur Vorgehensweise bei den Kühen wurden auch bei Zuchtsauen für zwei Fellzustandsklassen die Meßwerte des Infrarot-Thermometers mit denen eines Kontaktthermometers verglichen. Dazu wurden bei jeweils 20 Zuchtsauen die Hauttemperaturen auf dem Rücken bzw. am Oberschenkel gemessen, wenn die Behaarung dort folgendermaßen aussah:

- Dichte, grobe Borsten, anliegend, dazwischen kaum Haut zu sehen. Gemessen auf der Medianlinie auf dem Rücken bei geeigneten Sauen.
- Sparliche Borsten, anliegend, weit überwiegend Haut zu sehen. Gemessen lateral am Oberschenkel bei geeigneten Sauen.

Entsprechend den Versuchen an Kühen wurde jede Stelle zunächst mit dem Infrarot-Thermometer und sofort anschließend mit dem Kontaktthermometer direkt auf der Haut gemessen und aus beiden Werten die Differenz gebildet. Für jede Fellklasse wurde dann der Medianwert sowie Minimum und Maximum dieser Differenzen bestimmt.

3.5.2. Klimatische und physiologische Faktoren

Auch bei Zuchtsauen sollten die Faktoren mit Einfluß auf die Hauttemperatur festgestellt werden. Ähnlich dem Vorgehen bei den Milchkühen wurden hierzu die Hauttemperaturen von 65 Sauen der Deutschen Landrasse, die dauernd im Kastenstand gehalten werden, bei Lufttemperaturen von 16 bzw. 18°C, 22°C und 28°C an folgenden Meßpunkten erhoben (s. Abb. 3):

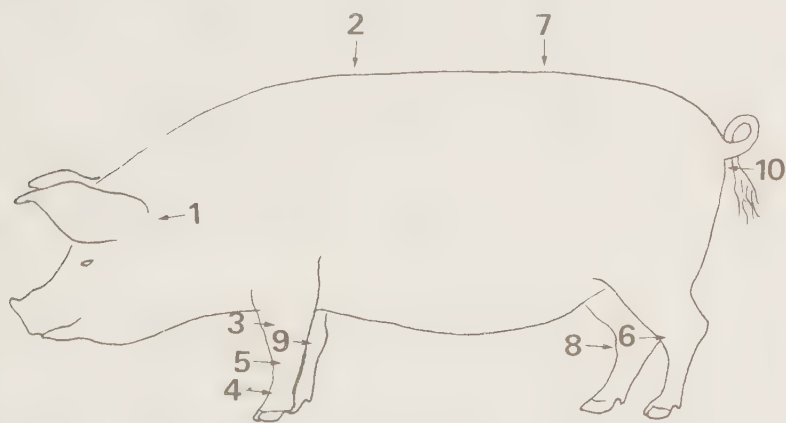


Abb. 3: Lage der Meßpunkte bei den Sauen

- | | |
|---------------|---|
| 1) OHRGRUND: | kaudal der Ohrmuschelbasis |
| 2) WIDERRIST: | etwa handbreit kaudal des Angulus caudalis der Schulterblätter auf der Rückenmittellinie |
| 3) UNTERARM: | an der linken Vordergliedmaße, Mitte zwischen Ellbogen- und Karpalgelenk über den Unterarmknochen |

- | | |
|-------------------------|--|
| 4) METAKARPUS: | an der linken Vordergliedmaße, Mitte zwischen Karpal- und Fesselgelenk |
| 5) KARPALGELENK LINKS: | linkes Karpalgelenk zentral |
| 6) TARSALGELENK LINKS: | linkes Tarsalgelenk zentral, von kranial gemessen |
| 7) KREUZ-DARMBEIN: | handbreit der Verbindungslinie der beiden Hüfthöcker auf der Rückenmittellinie |
| 8) TARSALGELENK RECHTS: | rechtes Tarsalgelenk zentral, von kranial gemessen |
| 9) KARPALGELENK RECHTS: | rechtes Karpalgelenk zentral |
| 10) ANUS: | Anus zentral |

Soweit nicht anders angegeben, wurden die Meßpunkte von lateral und möglichst senkrecht zur Meßoberfläche gemessen. Jeder Meßpunkt wurde dreimal hintereinander gemessen (Dreifachmessung), jedoch nur, wenn die Stelle frei von Schmutz und Feuchtigkeit war. Aus den drei Werten wurde der Mittelwert berechnet und aus diesen Mittelwerten mit Hilfe einer Varianzanalyse (Programm SPSS-X, Prozedur ANOVA) der Einfluß der Faktoren Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Alter, Graviditätswoche und Rektaltemperatur auf die Hauttemperatur an den verschiedenen Meßpunkten bestimmt.

3.5.3. Statistische Kennwerte

Wiederum wurde zur Beurteilung der Meßpunkte und der Meßmethode eine "meßtechnische" und eine "biologische" Streuung bestimmt. Für die meßtechnische Streuung wurde der Mittelwert der Standardabweichungen aus der Dreifachmessung aller Sauen an einem Meßpunkt gebildet. Die biologische Streuung wurde so berechnet, daß der Mittelwert aus der Dreifachmessung gebildet wurde und aus diesen Mittelwerten von allen Sauen an einem Meßpunkt die Standardabweichung berechnet wurde.

Schließlich wurden die Korrelationen zwischen der Haut- und der Rektaltemperatur bestimmt.

3.6. Auswirkungen des Haltungssystems auf das Tier

3.6.1. Haltungsbedingte Gelenkschäden bei Milchkühen

Aus der zum Punkt Gelenkschäden zitierten Literatur läßt sich die Hypothese aufstellen, daß, analog zu einer je nach Haltungssystem unterschiedlichen Häufigkeit von Läsionen an den Gelenken, auch die Hauttemperaturen über diesen Gelenken in unterschiedlichen Haltungssystemen verschieden sind.

Um dies zu überprüfen, wurden in einem Laufstall mit Tiefstreuliegefläche und planbefestigter Lauffläche Hauttemperaturmessungen an 21 Milchkühen der Rasse Deutsches Fleckvieh und an 26 Milchkühen der Rasse Deutsche Schwarzbunte vorgenommen. Die Meßpunkte waren dieselben wie bei den Kühen im Kurzstand (vgl. Abb. 2), die Lufttemperatur betrug 15°C.

Die statistische Auswertung geschah folgendermaßen: Zunächst wurden die Hauttemperaturmesswerte aller Laufstallkuhe an einem Meßpunkt mit Hilfe des t-Test nach STUDENT mit den Werten der Kurzstandkuhe verglichen, die ebenfalls bei 15°C Lufttemperatur gemessen worden waren.

Anschließend wurden die gleichen Daten, also die bei 15° C gemessenen Hauttemperaturen aus Laufstall und Kurzstand, varianzanalytisch behandelt (Programm SPSS-X, Prozedur ANOVA), um zu erkennen, ob der Faktor Haltungssystem oder daneben auch andere Faktoren wie Rasse, Graviditätsstand, Milchleistung oder Rektaltemperatur einen signifikanten Einfluß auf die möglichen Hauttemperaturunterschiede zwischen Laufstall- und Kurzstandhaltung nehmen.

3.6.2. Haltungsbedingte Gelenkschäden bei Zuchtsauen

Auch für Zuchtsauen war zu überprüfen, ob sich in unterschiedlichen Haltungssystemen verschiedene Hauttemperaturen nachweisen lassen.

Dazu wurden in einem landwirtschaftlichen Betrieb die Hauttemperaturen an 25 Sauen der Deutschen Landrasse gemessen, die 10 Tage nach dem Belegen bis 10 Tage vor dem Abferkeln in Gruppenhaltung in sogenannten Sauenhütten mit Auslauf auf eine planbefestigte Freifläche gehalten werden. Nur in der Abferkel- und Laktationsphase stehen diese Sauen in Einzelstandhaltung. Die Messung erfolgte an den Sauen auf der Freifläche an einem bewolkten Tag mit 16°C Lufttemperatur. Die Meßpunkte waren dieselben wie bei den Sauen in Einzelstandhaltung (vgl. Abb. 3).

Die statistische Auswertung erfolgte analog zum Vorgehen bei den Milchkühen. Es wurde also wiederum mit dem t-Test nach STUDENT zuerst getrennt nach Meßpunkten der Mittelwert aus der Kastenstandhaltung mit demjenigen der Freilaufsaue verglichen. Anschließend wurden die gleichen Daten, also die bei 16°C gemessenen Hauttemperaturen in Freilauf- und Einzelstandhaltung, zusammen varianzanalytisch behandelt (Programm SPSS-X, Prozedur ANOVA), um festzustellen, ob der Faktor Haltungssystem oder die Einflußfaktoren Rektaltemperatur und Graviditätsstand Einfluß auf die Hauttemperatur bei Sauen in den beiden Haltungssystemen ausüben.

3.7. Hauttemperatur unter Belastung beim Schwein

3.7.1. Absetz-Versuch

Mit diesem Versuch sollte festgestellt werden, ob sich beim Absetzen von Saugferkeln deren Hauttemperatur als Zeichen einer Belastung signifikant gegenüber bei der Mutter verbliebenen Wurfgeschwistern ändert. Der Versuch wurde mit 6 Würfen von 4 Wochen alten Ferkeln (Deutsche Landrasse x Piétrain), insgesamt 51 Tiere, durchgeführt. Die Hauttemperatur wurde am Widerrist der Ferkel gemessen, da dies die beste Stelle ist, um die Messung ohne Aufregung und Beeinträchtigung für die Tiere vorzunehmen. Nur in diesem Versuch waren beide Zwischenringe hinter dem Objektiv des Meßgeräts eingesetzt, um den kleinsten Meßfleckdurchmesser zu erreichen, was bei der geringen Größe der Ferkel nötig ist, um selektiv nur den Meßpunkt anzupeilen. Auf die Messung der Rektaltemperatur wurde hier verzichtet, da dies mit erheblicher Aufre-

gung für die Ferkel verbunden gewesen wäre und dadurch die Beurteilung späterer Messungen unmöglich gemacht hätte.

Der Versuch begann mit der Erhebung der Ausgangswerte auf den Ferkeln. Anschließend wurde jeder Wurf willkürlich halbiert. Die eine Hälfte des Wurfs blieb bei der Mutter und diente als Kontrollgruppe, die andere Hälfte wurde, nach Würfen getrennt, in sogenannte Flatdecks in einen anderen Stall gebracht. Die Hauttemperatur am Widerrist wurde bei beiden Gruppen 2 sowie 6 Stunden nach dem Absetzen der Ferkel erfaßt. Es wurde darauf geachtet, daß die Ferkel für ca. eine halbe Stunde vor jeder Messung sich nicht zu Haufen zusammenlegten. Gemessen wurde in jeder jeweils vorgefundenen Position.

Die Lufttemperatur im Abferkelstall betrug 20°C, im Flatdeckstall 21,5°C. Zusatzheizungen, wie z.B. Infrarotlampen und Gasstrahler waren für die Zeit des Versuchs abgeschaltet.

Zur Auswertung der Daten wurden t-Tests innerhalb sowie zwischen den Gruppen durchgeführt.

3.7.2. Transport-Versuch

Dieser Versuch sollte zeigen, ob sich die berührungslos gemessene Hauttemperatur von Mastschweinen bei einem LKW-Transport signifikant verändert und ob die pro Tier zur Verfügung stehende Fläche einen Einfluß darauf hat. Auch sollte das Verhalten der Hauttemperatur während der Erholungszeit verfolgt werden. Schließlich war zu prüfen, ob bzw. wie sich die Korrelationen zwischen der Hauttemperatur und der Rektaltemperatur verändern.

Der Transportversuch wurde mit 21 per LKW beförderten Schlachtschweinen (Deutsche Landrasse x Piétrain) mit einem durchschnittlichen Gewicht von ca. 100 kg durchgeführt. Die Schweine wurden zum Verladen drei Stunden nach der letzten Fütterung in einen Container getrieben. Dieser wurde dann mit einem Gabelstapler auf die Höhe der Ladefläche des LKW angehoben. Dort konnten die

Schweine den Container verlassen, ohne einen Höhenunterschied überwinden zu müssen.

Die Ladefläche war mit einem Trenngitter so abgeteilt, daß 9 Schweine eine Fläche von $0,6 \text{ m}^2$ je Tier und 12 Schweine $0,4 \text{ m}^2$ je Tier zur Verfügung hatten. In beiden Gruppen stammten die Tiere aus verschiedenen Stallbuchten, waren sich also fremd ("Mixing"-Effekt).

Die Transportstrecke betrug 18 km, davon die Hälfte im Stadtverkehr, die Fahrzeit war eine halbe Stunde. Die Luftklappen waren während der Fahrt geöffnet, die Außentemperatur betrug 10°C .

Nach dem Abladen wurden die beiden Tiergruppen über eine Rampe in zwei getrennte, nebeneinander liegende Boxen einer Viehhalle getrieben. Direkt vor Transportbeginn, direkt nach Ankunft, sowie 2 und 4 Stunden danach wurden folgende Messungen durchgeführt:

- Hauttemperaturen an den Meßpunkten Ohrgrund, Widerrist und Anus,
- Rektaltemperatur der Tiere,
- Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchte.

Die Lufttemperatur betrug im Herkunftsstall 16°C , auf dem LKW 10°C , in der Viehhalle 12°C .

Die Auswertung bestand aus einer Varianzanalyse für Modelle mit Meßwiederholung (Programm SAS, Prozedur GLM) mit den Faktoren Ladedichte, Nummer der Messung und Tiernummer und anschließenden t-Tests zum Vergleich der einzelnen Zeitpunkte gegeneinander.

3.7.3. Belegdichten-Versuch

Eine hohe Belegdichte, d.h. eine kleine, jedem Tier zur Verfügung stehende Fläche, stellt durch sozialen Streß eine psychische Belastung für das Tier dar, die aber heute sehr vielen Mastschweinen in modernen Aufstallungsverfahren oder spätestens beim Transport zum Schlachthof zugemutet wird.

Die psychische Belastung dürfte bei einer plötzlichen, schlagartigen Verringerung der Fläche am stärksten sein, und verbunden damit auch eventuelle Änderungen der Hauttemperatur, die durch eine psychische Belastung möglicherweise verursacht werden.

Um dies zu untersuchen, wurden insgesamt 33 Mastschweine (Deutsche Landrasse x Piétrain) mit einem Gewicht von ca. 70 kg buchtenweise entweder der Versuchs- oder der Kontrollgruppe so zugeordnet, daß die Versuchsgruppe 22 und die Kontrollgruppe 11 Tiere umfaßte.

Der Versuch wurde in einem Teilspaltenbodenstall (Spaltenbodenanteil in jeder Bucht 37 %) bei ad lib. Fütterung durchgeführt.

Da als Folge der größeren Belegdichte eine höhere Hauttemperatur - gegenseitige Beeinflussung durch abgegebene Strahlungswärme - zu erwarten war, wurde für die Kontrollgruppe schon zwei Tage vor der Versuchsgruppe durch Versetzen der Trenngitter zwischen den Buchten die Fläche von 1,2 m² auf 0,5 m² je Tier reduziert. Vorher war die Hauttemperatur an den Meßpunkten Ohrgrund, Widerrist und Anus (Nullwerte), sowie außerdem die Rektaltemperatur und die Lufttemperatur erhoben worden.

Zu Versuchsbeginn, also zwei Tage später, wurde auch für die Versuchsgruppe die Fläche auf 0,5 m² je Tier reduziert. Zuvor sowie 2, 6, 12, 24 und 48 Stunden danach wurden folgende Messungen durchgeführt:

- Hauttemperaturen an den Meßpunkten Ohrgrund, Widerrist und Anus,
- Rektaltemperatur der Tiere,
- Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchte.

Jeweils direkt im Anschluß wurden die gleichen Messungen auch bei der Kontrollgruppe durchgeführt.

Die Messung der Nullwerte fand jeweils um 10 Uhr statt, danach wurden die Trenngitter zwischen den Buchten in ihre neue Position verschoben. Die anschließenden Messungen 2, 6, 12, 24 und 48 Stunden nach dem Buchtenumbau fielen damit ungefähr auf die Tageszei-

ten 12 Uhr, 16 Uhr, 22 Uhr sowie 10 Uhr des nächsten und übernächsten Tages. Abb. 4 zeigt noch einmal schematisch den zeitlichen Versuchsablauf.

Messung Nr.	1	2	3	4	5	6
Stunden	0	2	6	12	24	48
		↑				
		Verringerung der Fläche				

Abb. 4: Versuchsablauf des Belegdichten-Versuchs

Die Messung für die Kontrollgruppe allein dauerte ca. 15 Minuten, für Kontrollgruppe und Versuchsgruppe zusammen ca. 45 Minuten. Die Lufttemperatur lag für die ganze Versuchsdauer zwischen 21,2 und 22,9°C.

Für die Auswertung wurde zunächst innerhalb der Versuchsgruppe eine Varianzanalyse (Programm SAS, Prozedur GLM) mit den Faktoren Nummer der Messung und Tiernummer sowie anschließend abhängige t-Tests als Einzeltests für die signifikanten Faktoren durchgeführt. Danach wurde in unabhängigen t-Tests die Versuchsgruppe mit der Kontrollgruppe auf signifikante Unterschiede verglichen. Schließlich wurde mit Hilfe einer Varianzanalyse (Programm SAS, Prozedur GLM) das Vorhandensein eines Tagesrhythmus in den Hauttemperaturen von Versuchs- und Kontrollgruppe untersucht. Abschließend wurden die Korrelationen zwischen Haut- und Rektaltemperatur zu den verschiedenen Versuchszeitpunkten berechnet.

3.8. Auswertung der Versuchsergebnisse

Da Versuchsaufbau und Fragestellung jeweils von Versuch zu Versuch verschieden sind, war es nicht möglich, nach einem einheitlichen Auswertungsschema vorzugehen.

Deshalb sollen hier nur kurz die verwendeten statistischen Vorgehensweisen genannt werden.

Mittelwerts-Unterschiede wurden mit dem t-Test nach GOSSET (=STUDENT) auf Signifikanz geprüft. Die Voraussetzungen für den t-Test umfassen nach BORTZ (1985) Normalverteilung der Grundgesamtheiten und Homogenität der Varianzen. Gegenüber einer Verletzung dieser Bedingungen ist der t-Test jedoch relativ robust, vor allem dann, wenn die beiden Stichproben etwa gleich groß sind (BORTZ, 1985). Je nachdem, ob die zu vergleichenden Populationen voneinander unabhängig (völlig verschiedene Tiere) oder abhängig (Meßwiederholung an denselben Tieren) sind, ist der t-Test für unabhängige Stichproben oder der t Test für abhängige Stichproben zu verwenden.

Faktorenanalysen, d.h. die Auswirkungen einer oder mehrerer unabhängiger Variablen (Faktoren) auf eine abhängige Variable (Zielgröße, in dieser Arbeit meist die Hauttemperatur), wurden als Varianzanalysen durchgeführt. Die Voraussetzungen für die Varianzanalyse umfassen Normalverteilung der Fehlerkomponenten in den Grundgesamtheiten, Gleichheit der Fehlervarianz und Unabhängigkeit der Fehlerkomponenten voneinander. Bei gleichgroßen Stichproben ist jedoch die Varianzanalyse gegenüber Verletzungen ihrer Voraussetzungen relativ robust (BORTZ, 1985).

Die Auswertungen der Daten wurden mit Hilfe der Prozedur ANOVA aus dem Statistik-Software-Paket SPSS-X, Version 2.2 (Schubö u. Uehlinger, 1986), durchgeführt. Für die Auswertung derjenigen Modelle, die Meßwiederholungen beinhalten, wurde die Prozedur GLM (General Linear Model) des Software-Pakets SAS (Statistical Analysis System) herangezogen. Die jeweils verwendete Methode ist bei jedem Versuch angegeben.

Die Berechnungen wurden auf der Cyber-Anlage des Leibniz-Rechenzentrums, München (Programm SPSS-X), sowie auf der IBM Anlage des Bayer. Landwirtschaftsministeriums (Programm SAS) durchgeführt.

Wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit eines statistischen Ergebnisses über einer bestimmten Schwelle liegt, wird dieses als signifikant bezeichnet. Diese Signifikanz gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Unterschiede zwischen den Stichproben rein zufällig bedingt sind oder durch den Versuch hervorgerufen werden.

Die Bezeichnung der Signifikanzniveaus erfolgt folgendermaßen:

$p \leq 0,05$	+ bzw.	$\uparrow$	bzw.	$\downarrow$	signifikant,
$p \leq 0,01$	++ bzw.	$\uparrow \uparrow$	bzw.	$\downarrow \downarrow$	hoch signifikant,
$p \leq 0,001$	+++ bzw.	$\uparrow \uparrow \uparrow$	bzw.	$\downarrow \downarrow \downarrow$	sehr hoch signifikant.

Die Richtungspfeile bedeuten einen Anstieg bzw. einen Abfall.

4. Ergebnisse der Untersuchungen

4.1. Geometrische Einflußfaktoren

4.1.1. Meßabstand

Zunächst wurde der Einfluß des Meßabstandes bei Messungen an der 20 x 30 cm großen Wand eines Wasserbades bestimmt. Die Meßdistanzen 0 - 2 m wurden zehnmal durchlaufen (= 10 Meßreihen) und dabei aus jeder Distanz je Meßreihe zehnmal der angezeigte Wert abgelesen (Zehnfachmessung). Abb. 5 zeigt die Werte, die bei der jeweils angegebenen Entfernung vom Wasserbecken gemessen wurden, und als Referenzlinie den Wert, der bei direktem Aufsetzen der Objektiv-Vorderkante an das Wasserbad angezeigt wird.

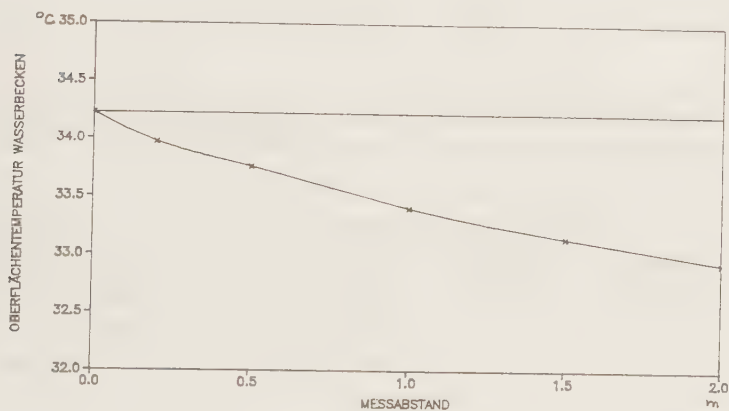


Abb. 5: Messung am Wasserbad: durchschnittliche Meßwerte aus verschiedenen Entfernungen

Mit zunehmender Entfernung wächst die Differenz zum Nullwert und beträgt z.B. bei 0,5 m 0,46°C, bei 1 m 0,82°C, bei 2 m 1,3°C. Die Standardabweichung innerhalb jeder Meßreihe wächst dabei mit zunehmender Entfernung. Innerhalb einer Zehnfach-Messung dagegen, d.h. bei zehnmaliger Ablesung des Meßgerätes ohne Stellungsän-

derung, liegt die Variationsbreite immer, unabhängig von der Entfernung, zwischen 0°C, d.h. zehnmal wird der gleiche Wert angezeigt, und 0,2°C.

In einer einfaktoriellen Varianzanalyse über den Faktor Meßabstand wurde geprüft, ob die aus den verschiedenen Abständen gemessenen durchschnittlichen Werte in Abb. 5 statistisch gesichert voneinander verschieden sind. Tab. 2 zeigt die Ergebnisse.

F-Wert	p	Distanz					
		m	0	0,2	0,5	1,0	1,5
73,2	0,000 +++	0,2	+				
		0,5	+	+			
		1,0	+	+	+		
		1,5	+	+	+	+	
		2,0	+	+	+	+	+

Tab. 2: Varianzanalyse über den Faktor Meßabstand sowie Einzeltests bei Messungen am Wasserbecken

Zwischen den Meßwerten, die sich aus verschiedenen Abständen am Wasserbad ergeben, besteht insgesamt ein sehr hoch signifikanter Unterschied. Die Einzeltests zeigen, daß jeder einzelne Meßabstand Werte liefert, die von den Werten jedes anderen Meßabstands signifikant verschieden sind. Bei dem Meßobjekt Wasserbad mit seiner begrenzten Größe von 20 x 30 cm sind also die Meßwerte von der Entfernung stark abhängig.

Die Annahme, daß bei dem relativ kleinen Meßobjekt Wasserbecken mit zunehmender Meßentfernung zunehmend mehr kältere Hintergrundstrahlung auf den Detektor fällt, wurde dadurch überprüft, daß der ganze Versuch mit der ca. 2 x 3 m großen, gleichmäßig warmen Raumwand als Meßobjekt wiederholt wurde. Bei einer Meßentfernung von 2 m ist ein Meßflächendurchmesser von etwa 15 cm zu erwarten. Somit kann die Raumwand für Entfernungen bis 2 m als

"unendlich großes" Meßobjekt angesehen werden. Die Ergebnisse der Messung zeigt Abb. 6:

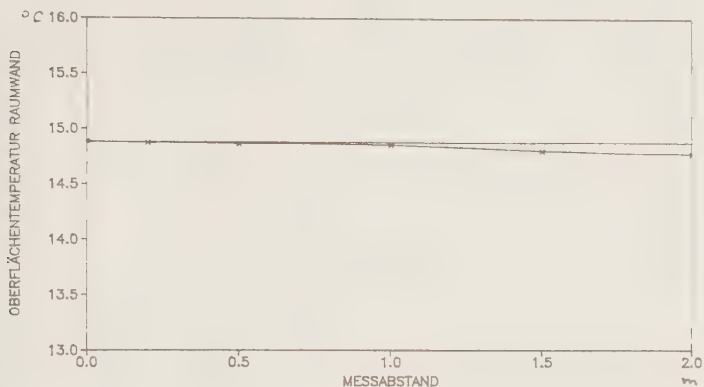


Abb. 6: Messung an der Raumwand: durchschnittliche Meßwerte aus verschiedenen Entfernungen

Bei der Messung der Raumwandtemperatur hat die Entfernung nur schwachen Einfluß auf das Meßergebnis. Die Abweichungen liegen sehr nahe an der Nulllinie und betragen aus 2 m Entfernung 0,1°C.

Wiederum wurde in einer einfaktorielle Varianzanalyse über den Faktor Meßabstand geprüft, ob sich die Meßwerte je nach Meßabstand unterscheiden. Tab. 2 zeigt das Ergebnis der Varianzanalyse.

F-Wert	p
0,43	0,76 ns

Tab. 2: Varianzanalyse über den Faktor Meßabstand bei Messung an der Raumwand

Bei der Messung an der Raumwand unterscheiden sich die aus verschiedenen Entfernungen gemessenen Werte nicht signifikant. Damit ist bei der Messung gegen für diese Zwecke fast "unendliche große" Meßobjekte die Messung von der Entfernung unabhängig.

4.1.2. Meßwinkel

Die Ergebnisse der Temperaturmessung auf den am Wasserbad befestigten Fellstücken aus verschiedenen Winkeln zeigt Abb. 7. Als Vergleichswert wurde die Temperatur verwendet, die von der Nullposition aus, also genau senkrecht vor der Fellfläche, gemessen wurde.

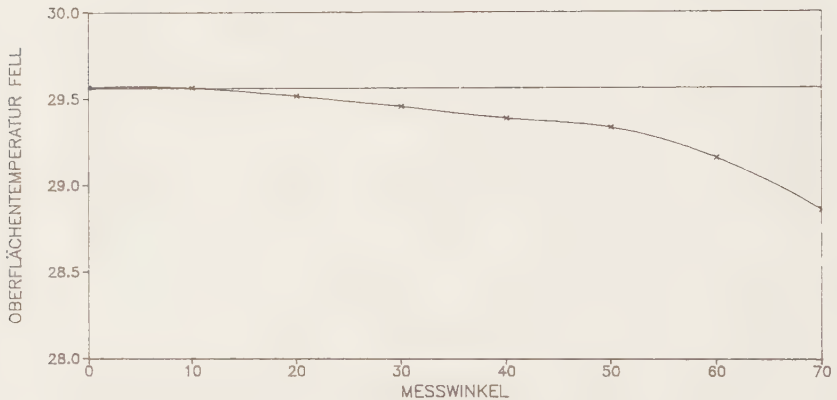


Abb. 7: Messungen am aufgespannten Fell: durchschnittliche Meßwerte aus verschiedenen Meßwinkeln

Je größer der Meßwinkel, d.h. je flacher die Position des Meßgerätes zur Meßoberfläche wurde, desto mehr wich der Meßwert vom Nullwert ab. Diese Abweichung wurde besonders deutlich ab Meßwinkeln von ca. 50° aufwärts. Die maximale Abweichung von der Fell-Normalen, bei der der Lichtfleck noch einigermaßen scharf begrenzt war, betrug 70°, d.h. ein Winkel von 20° zwischen Fell und Meßgerät. Die absolute Differenz des Meßwerts zum Nullwert betrug bei 50° Meßwinkel 0,25°C, bei 60° 0,42°C, bei 70° 0,75°C.

Die statistische Überprüfung wurde analog zum Meßabstand als einfaktorielle Varianzanalyse für den Faktor Meßwinkel durchgeführt. Das Ergebnis zeigt Tabelle 4:

F-Wert	p	Meßwinkel							
		°	0	10	20	30	40	50	60
1,98	0,100	10	ns						
		20	ns	ns					
	ns	30	ns	ns	ns				
		40	ns	ns	ns	ns			
		50	ns	ns	ns	ns	ns		
		60	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
		70	+	+	+	+	+	+	ns

Tab. 4: Einfaktorielle Varianzanalyse über den Faktor Meßwinkel und Einzeltests bei Messungen am aufgespannten Rinderfell

Der Faktor Meßwinkel ist insgesamt für die Verschiedenheit der Meßwerte nicht signifikant. Dennoch sind die Werte, die aus Winkeln von 0 - 50° zur Fell-Normalen gemessen werden, signifikant verschieden von denen, die aus 70°, also einem sehr flachen Blickwinkel zum Meßobjekt, gemessen werden. Bei Meßwinkeln unter 60° ist dagegen der Einfluß des Meßwinkels statistisch nicht ab-sicherbar.

4.2. Einflußfaktoren auf die Hauttemperatur bei Milchkühen

4.2.1. Fellfarbe

Um zu klären, ob die Farbe des Felles an einem Meßpunkt sich auf die Hauttemperatur auswirkt, wurde bei einem Teil der Versuchstiere die Fellfarbe an der gemessenen Stelle festgehalten und die jeweils zwei bei den beiden Rassen möglichen Farben hinsichtlich der gemessenen Hauttemperaturen mit dem t-Test verglichen (Tab. 5).

Meßpunkte

	Stirn	Ohransatz	Ohrgrund	Masseter	Unterarm	Metakarpus	Anus
DFV	-	-	-	ns	ns	ns	-
DSb	ns	-	-	-	ns	ns	-

	Karpalgel. links	Karpalgel. rechts	Fesselgel. vorn	Fesselgel. hinten	Tarsalgel. links	Tarsalgel. rechts
DFV	ns	ns	-	-	ns	ns
DSb	ns	ns	-	-	-	-

Tab. 5: Vergleich der Hauttemperaturen bei verschiedener Fellfarbe

Bei einem Teil der Meßpunkte, nämlich dem beim Deutschen Fleckvieh zu den Rassemmerkmalen zählenden und auch bei den Schwarzbunten Kühen vorherrschenden weißen Kopf, sowie an den distalen Regionen der Gliedmaßen, die ebenfalls immer weiß sind, hatten alle Tiere einer Rasse die gleiche Fellfarbe, so daß kein Vergleich gezogen werden konnte.

An den Meßpunkten, wo bei verschiedenen Tieren beide jeweils rassspezifischen Farben vorkamen, ergab sich an keinem Meßpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen Tieren mit der einen bzw. der anderen Farbe. Die Fellfarbe übt damit im Stallgebäude keinen nachweisbaren Einfluß auf die gemessene Hauttemperatur aus.

4.2.2. Fellzustand

In diesem Versuch sollte die Abhängigkeit der berührungslos mit dem Infrarot-Thermometer gemessenen Werte vom jeweiligen Zustand des Felles an der Meßstelle ausgemacht werden. Die jeweils gefundene minimale und maximale Differenz zwischen den berührungslos und den mit einem möglichst direkt auf die Haut aufgesetzten Kontakt-Thermometer sowie der Median der Differenzwerte sind, nach Rasse und Felltyp getrennt, in Tab. 6 angegeben.

Rasse	Fell- zustand	min. Differenz	max. Differenz	Median- wert
DFV	anliegend	-0,3°C	-3,6°C	-2,1°C
	abstehend	-2,9°C	-9,9°C	-6,1°C
DSb	anliegend	-0,5°C	-4,0°C	-2,2°C
	abstehend	-2,8°C	-7,2°C	-5,4°C

Negative Zahlenwerte: die Werte des Infrarot-Thermometers liegen unter den Werten des Kontaktthermometers

Tab. 6: Differenzen zwischen kontaktlos und mit Kontakt-Thermometer gemessenen Hauttemperaturen bei Kühen

Die Ergebnisse gleichen sich bei beiden Rassen weitgehend. Danach ist bei einem glatten, anliegenden Fell von gut 2°C auszugehen, um die der berührungslos gemessene Wert unter dem mit dem Kontakt-Thermometer gemessenen liegt. Die Spanne der festgestellten Differenzen reicht dabei von etwa 0,5 bis 4°C.

Bei der Fellklasse "abstehend" dagegen, in die alle Meßstellen mit nicht glattem und anliegendem Haar eingeordnet wurden, liegt der Medianwert, der die Mitte zwischen allen Differenzen angibt, bei etwa 6°C. Die Variationsbreite der Differenzen reicht hier von etwa 3 bis fast 10°C Unterschied zwischen Infrarot- und Kontakt-Thermometer an Stellen mit solchen Fellverhältnissen. Die Häufigkeitsverteilungen der gefundenen Differenzen sind in Abb. 8 und Abb. 9 dargestellt.

Wie die beiden Abbildungen zeigen, ist beim Fellzustand glatt und anliegend eine Häufung der Werte um etwa 2°C beim Medianwert zu finden. Bei abstehendem struppigem Fell dagegen verteilen sich die Werte fast gleichmäßig über die ganze gefundene Spannbreite möglicher Differenzen von 3°C - 10°C, was eine Standardabweichung von 1,91°C um das Mittel ergibt im Unterschied zu 1,05°C bei der anderen Fellklasse.

Insgesamt zeigt damit der Felleinfluß bei anliegendem Fell andeutungsweise konstantes Verhalten, während dies bei abstehendem Fell nicht der Fall ist.

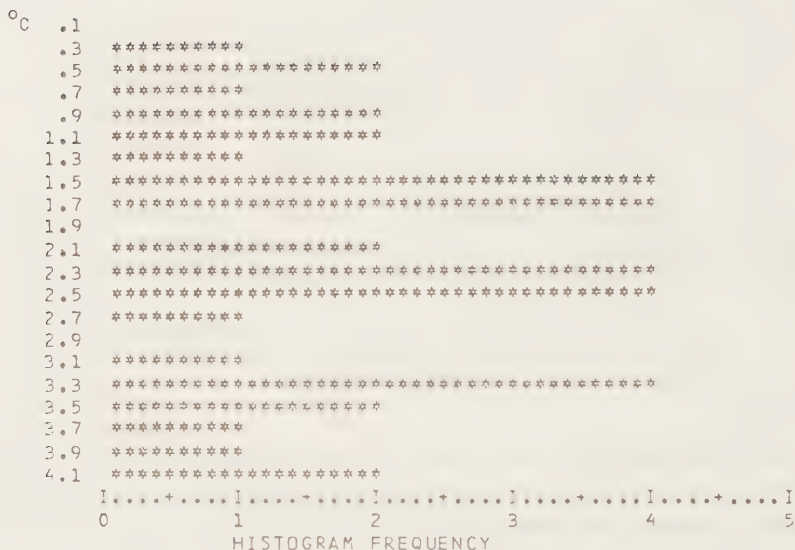


Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Meßwertdifferenzen zwischen Infrarot- und Kontaktthermometer bei anliegendem Fell (Deutsches Fleckvieh und Deutsche Schwarzbunte)

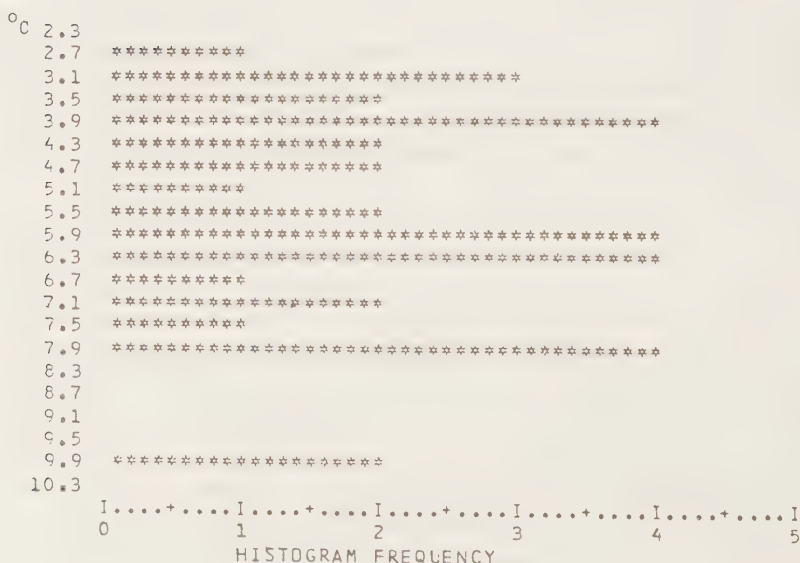


Abb. 9: Häufigkeitsverteilung der Meßwertdifferenzen zwischen Infrarot- und Kontaktthermometer bei abstehendem Fell (Deutsches Fleckvieh und Deutsche Schwarzbunte)

4.2.3. Klimatische und physiologische Faktoren

Die an den 60 Fleckvieh- und Schwarzbunten-Kuhen im Kurzstand bei 15 bzw. 20°C Umgebungstemperatur gemessenen Hauttemperaturen wurden zur Bestimmung der Einflußfaktoren in einer Varianzanalyse mit den Faktoren Rasse, Lufttemperatur und Luftgeschwindigkeit und den Kovariablen Rektaltemperatur, Milchleistung, Alter, Graviditätsstand und Tiernummer ausgewertet. Das Ergebnis zeigt Tab. 7.

Demnach haben die als Kovariable mitgetesteten Faktoren Rektaltemperatur, Milchleistung, Alter und Graviditätsstand in den allermeisten Fällen keine signifikante Auswirkung auf die Hauttemperatur. Lediglich am Meßpunkt "Tarsalgelenk links" nimmt die Rektaltemperatur hoch signifikanten und der Graviditätsstand an den Meßpunkten "Unterarm" und "Tarsalgelenk links" signifikanten Einfluß, ebenso ist die Milchmenge für den Meßpunkt Stirn signifikant.

Die Lufttemperatur erweist sich als Haupteinflußfaktor, der an fast allen Meßpunkten einen hoch bis sehr hoch signifikanten Anteil der Gesamtvarianz erklärt. Die Luftgeschwindigkeit dagegen erreicht nur an zwei besonders exponierten Meßpunkten am Kopf, nämlich an Stirn und Ohransatz, die Signifikanzschwelle.

Faktor	Meßpunkt									
	Stirn	Ohr-	Masse-	Unter-	Meta-	Anus	Karpal-	Karpal-	Fessel-	Tarsal-
	satz	grund	ter	arm	karpus		gel.li	gel.re	gel.vo	gel.hi
										gel.li
										gel.re
<u>Haupteffekte:</u>										
Lufttemp.	+++	++	ns	++	++	+	+++	+++	+++	++
Rasse	++	+++	++	++	+	ns	+++	+++	++	+++
Luftgeschw.	+	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<u>Kovariablen:</u>										
Rektaltemp.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Milchmenge	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Alter	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gravid.monat	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	+
Tiernummer	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tab. 7: Varianzanalyse der Einflußfaktoren auf die Hauttemperatur bei Kühen (15 - 20°C Lufttemperatur)

Der zweite wichtige Faktor ist die Rasse der Tiere. Dieser Faktor ist an allen Meßpunkten hoch signifikant bis sehr hoch signifikant, nicht signifikant nur am Anus. Der unmittelbare Vergleich der Hauttemperaturen der beiden Rassen mit dem t-Test liefert folgende Ergebnisse (Tab. 8):

	Meßpunkte					
	Stirn	Ohransatz	Ohrgrund	Masseter	Unterarm	Metakarpus Anus
DFV	24,6	29,9	31,9	30,5	28,1	27,3
DSb	26,9	32,1	33,4	32,3	30,9	30,0
	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	+++	+++	+++	+++	+++	++
	Karpalgel. links	Karpalgel. rechts	Fesselgel. vorn	Fesselgel. hinten	Tarsalgel. links	Tarsalgel. rechts
DFV	26,7	26,7	27,7	29,2	29,2	28,6 °C
DSb	29,9	29,6	30,7	31,8	31,7	31,3 °C
	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Tab. 8: Hauttemperaturen bei Kühen der Rassen Dt. Fleckvieh und Dt. Schwarzbunte (Lufttemperatur 15°C) und Signifikanz der Differenzen

Die Hauttemperaturen von Fleckvieh- und Schwarzbunten-Kühen sind am Anus hoch signifikant und an allen anderen Meßpunkten sehr hoch signifikant verschieden. Dabei sind die Temperaturen der Rasse Deutsche Schwarzbunte um jeweils 2 - 3°C höher als die der Rasse Deutsches Fleckvieh. Die Rasse ist bei Kühen demnach von großem Einfluß auf die Hauttemperatur.

Um eine Vorstellung vom relativen Varianzanteil auch der weniger bedeutsamen Faktoren zu gewinnen, ist in Abb. 10 noch einmal der prozentuale Anteil jedes Faktors an der Gesamtvarianz ("Varianzaufklärung") als Histogramm dargestellt.



Abb. 10: Varianzanteile der gerüsteten Einzelfaktoren bei Kühen zwischen 15 und 20°C Lufttemperatur

In dieser Darstellung, die wiederum aus den Daten der beiden Messungen mit 15 bzw. 20°C Lufttemperatur, also weitgehend üblichen Stalltemperaturen, gewonnen wurde, wirken die untersuchten Einflußfaktoren an allen Meßpunkten in etwa gleicher Größenordnung.

Der Varianzanteil der Lufttemperatur liegt meist zwischen 10 und 30%. Lediglich der Wert von 4,16% am Ohrgrund fällt etwas aus diesem Rahmen und zeigt, daß im hier ausgewerteten Lufttemperaturbereich von 15 - 20°C die Lufttemperatur fast keinen Einfluß auf die Ohrgrundtemperatur hat. Die höchsten Anteile von bis zu 30% für die Lufttemperatur entfallen auf die Gliedmaßenmeßpunkte, die also selbst im relativ engen Umgebungstemperaturbereich von 15 - 20°C merkbar auf Umgebungstemperaturänderungen reagieren.

Der Faktor Rasse deckt etwa genausoviel Varianzanteil wie die Lufttemperatur ab und hat sein Minimum am Anus, wo die Tiere beider Rassen gleiche Temperatur aufweisen müßten.

Die Luftgeschwindigkeit übt am Rumpf, der sich zwischen 15 und 20°C eher unempfindlich gegen die Lufttemperatur verhält, relativ viel Einfluß aus, ist aber an den Gliedmaßen, die ja stärker auf die Lufttemperatur reagieren, nur schwach wirksam.

Die übrigen, als Kovariablen mitgeführten Faktoren Rektaltemperatur, Milchleistung, Alter und Graviditätsstand sind bis auf Ausnahmen von geringer Bedeutung. Am "Tarsalgelenk links" errechnen sich 13,9% Varianzanteil für die Rektaltemperatur. Die Milchleistung der Tiere liegt an den meisten Punkten bei etwa 5%, die Gravidität übernimmt am "Unterarm" 9% und am "Metakarpus" 5% und ist ansonsten, genauso wie das Alter der Tiere, bedeutungslos. Der große Einfluß der Rektaltemperatur auf die Hauttemperatur am linken Tarsalgelenk findet keine Entsprechung am rechten Tarsalgelenk.

Die aus Abb. 10 zu entnehmenden Zahlenwerte sind nur für den bisher betrachteten Temperaturbereich 15 - 20°C gültig. Um Aussagen auch für einen größeren Temperaturbereich treffen zu können, wurde eine weitere Messung bei 27°C Stalltemperatur durchgeführt und aus allen jetzt zwischen 15 und 27°C gemessenen Daten wiederum

die Varianzanteile der Einflußfaktoren errechnet (siehe Abb. 11). Die Gelenkmeßpunkte wurden bei der 27°C-Messung nicht berücksichtigt und entfallen deshalb hier.

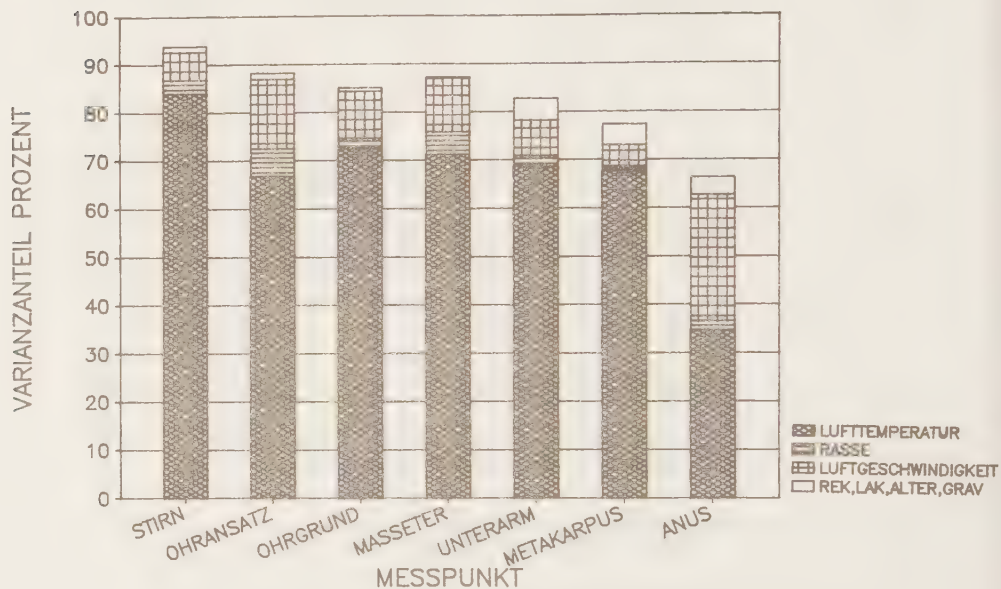


Abb. 11: Varianzanteile der geprüften Einzelfaktoren bei Kühen zwischen 15°C und 27°C Lufttemperatur

Bei der extrem hohen Lufttemperatur von 27°C steigt auch die Hauttemperatur an allen Meßpunkten stark an, wodurch mit den Werten der 15°C-Messung eine große Gesamtvarianz entsteht, die aber in sehr hohem Maß durch die Lufttemperatur erklärt wird. Ihr Varianzanteil steigt auf Werte um 70% und überlagert damit die Auswirkung anderer Faktoren, die bei weniger extremen Temperaturen durchaus gewissen Einfluß ausüben.

4.2.4. Statistische Berechnungen

4.2.4.1. Meßtechnische Streuung

Zur Beurteilung der Meßpunkte erschien es von Nutzen, sie daraufhin zu vergleichen, wie groß die Unterschiede in der Standardab-

weichung sind, die sich aus den drei direkt hintereinander gemessenen Werten pro Meßpunkt ergibt. Die Abweichungen zwischen diesen drei Werten sind aller Wahrscheinlichkeit nach auf Fehler in der Meßtechnik zurückzuführen. Für die statistische Behandlung wurde der Durchschnitt der Standardabweichungen aus der Dreifachmessung jedes Meßpunkts pro Tier berechnet. Diese Mittelwerte der Standardabweichungen enthält Tab. 9:

Meßpunkte						
Stirn Ohransatz Ohrgrund Masseter Unterarm Metakarpus Anus						
0,35	0,36	0,44	0,31	0,27	0,27	0,25
Karpalgel. links	Karpalgel. rechts	Fesselgel. vorn	Fesselgel. hinten	Tarsalgel. links	Tarsalgel. rechts	
0,32	0,31	0,34	0,30	0,26	0,28	

Tab. 9: Durchschnittliche Standardabweichungen der Dreifachmessungen bei Kühen

Insgesamt liegen die Werte dicht beieinander. Bei allen Meßpunkten schwanken die Werte der Dreifachmessung in etwa gleichem Maß um den Mittelwert. Am Meßpunkt Ohrgrund ist die durchschnittliche Standardabweichung am höchsten und liegt deutlich über dem nächstfolgenden Meßpunkt Ohransatz. Die niedrigsten, nahe beieinander liegenden Standardabweichungen werden an den Meßpunkten Anus, Unterarm und Metakarpus sowie den beiden Tarsalgelenken gefunden.

4.2.4.2. Biologische Streuung

Für die Vergleichbarkeit von an verschiedenen Tieren gemessenen Werten und damit für die Brauchbarkeit der Methode überhaupt ist die Schwankung der Meßwerte zwischen den Individuen, also die biologische Streuung, von großer Bedeutung. Zur quantitativen Beurteilung dieser Größe wurden der Mittelwert aus der generell immer vorgenommenen Dreifachmessung eines jeden Meßpunktes bestimmt. Anschließend wurde die Standardabweichung der Mittelwerte aller Tiere an einem Meßpunkt berechnet. Tab. 10 zeigt diese

Standardabweichungen, getrennt nach der herrschenden Lufttemperatur.

Luft- temp.	Meßpunkte						
	Stirn	Ohransatz	Ohrgrund	Masseter	Unterarm	Metakarpus	Anus
15°C	1,66	1,75	1,34	1,48	2,03	2,18	0,78
20°C	2,00	1,45	1,20	1,10	1,28	1,07	0,85
27°C	1,03	0,68	1,00	0,83	0,97	0,91	0,97

	Karpalgel. links	Karpalgel. rechts	Fesselgel. vorn	Fesselgel. hinten	Tarsalgel. links	Tarsalgel. rechts
15°C	2,14	2,02	2,31	1,88	1,86	1,69
20°C	1,07	1,10	1,28	0,99	1,02	1,03
27°C	-	-	-	-	-	-

Tab. 10: Standardabweichungen der Mittelwerte aus den Dreifachmessungen bei Kühen (biologische Streuung)

Die Standardabweichungen unterscheiden sich deutlich je nach Lufttemperatur. Bei den bei 15°C gemessenen Hauttemperaturen sind die am Anus gemessenen Werte mit Abstand am einheitlichsten bei allen Individuen beider Rassen. Ebenfalls noch eine recht kleine biologische Streuung und damit relativ einheitliche Hauttemperatur weist der Ohrgrund auf.

Auf diese beiden Meßpunkte folgen die übrigen drei gemessenen Stellen am Kopf mit Werten von 2,2 bis 3,0. Höher liegen insgesamt die Gliedmaßenmeßpunkte, was eine starke Schwankung zwischen den Tieren an diesen Meßpunkten zeigt und damit an den Gliedmaßen gemessene Werte einzelner Tiere schlecht vergleichbar macht.

Die für eine Lufttemperatur von 20°C berechneten Standardabweichungen sind bis auf eine Ausnahme alle kleiner als die für 15°C errechneten und liegen auch relativ eng beieinander, ungefähr im Bereich zwischen 1 und 2. Lediglich an der Stirn liegt die Standardabweichung bei 2 und ist damit auch höher als der 15°C-Wert.

Bei 27°C Lufttemperatur fallen die Standardabweichungen der Meßpunkte schließlich noch weiter ab und liegen um bzw. meist unter 1. Bei dieser hohen Lufttemperatur haben also alle Tiere weitgehend die gleiche Hauttemperatur.

4.2.4.3. Beziehung der Haut- zur Rektaltemperatur

Für die Beantwortung der Frage, ob sich aus der Hauttemperatur die Rektaltemperatur bestimmen läßt, ist die Korrelation zwischen beiden Größen von Bedeutung. Die aus den Meßwerten der im Kurzstand gehaltenen Kühe bei 15°C, 20°C und 27°C errechneten Korrelationskoeffizienten sowie die Signifikanzniveaus enthält Tab. 11.

Bei der Rasse Deutsche Schwarzbunte ergibt sich der höchste Korrelationskoeffizient am Meßpunkt "Karpalgelenk rechts" mit $r = 0,51$. Außer diesem sind nur das "Fesselgelenk hinten links" mit $r = 0,45$ sowie der "Ohrgrund" mit $r = 0,36$ signifikant.

Bei den Fleckvieh-Kühen zeigen die Korrelationen zwischen Haut- und Rektaltemperatur deutliche Signifikanzen. An vier Stellen ist die Korrelation zwischen Hauttemperatur und Rektaltemperatur hoch signifikant, nämlich am Anus ($r = 0,45$), Masseter ($r = 0,42$), Ohrgrund und Stirn (jeweils $r = 0,38$). Bei den Meßpunkten Ohransatz und Unterarm findet sich jeweils eine signifikante Korrelation mit $r = 0,35$.

Für die ganze hier betrachtete Stichprobe, also die Tiere beider Rassen zusammen, errechnen sich die höchsten Korrelationskoeffizienten mit $r = 0,32$ für Ohrgrund und Anus. Fast gleich hoch ist der Koeffizient an Stirn und Masseter mit $r = 0,29$. Neben diesen vier hoch signifikanten sind noch drei weitere signifikante Korrelationen zu nennen: das "Fesselgelenk hinten links" mit $r = 0,26$ sowie Ohransatz und Unterarm mit $r = 0,23$.

Rasse	Meßpunkt													
	Stirn	Ohran- satz	Ohr- grund	Masse- ter	Unter- arm	Meta- karpus	Anus	Karpal- gel.li	Karpal- gel.re	Fessel- gel.vo	Fessel- gel.hi	Tarsal- gel.li	Tarsal- gel.re	
DFV	0,38 ++	0,35 +	0,38 ++	0,42 ++	0,35 +	0,26 ns	0,45 ++	-0,17 ns	0,05 ns	-0,15 ns	0,01 ns	0,12 ns	-0,06 ns	
DSb	0,23 ns	0,11 ns	0,36 +	0,21 ns	0,12 ns	0,08 ns	0,31 ns	0,08 ns	0,51 ++	0,19 ns	0,45 +	0,24 ns	0,22 ns	
DFV u. DSb	0,29 ++	0,23 +	0,32 ++	0,29 ++	0,23 +	0,17 ns	0,32 ++	0,06 ns	0,15 ns	0,13 ns	0,26 +	0,22 ns	0,13 ns	

Tab. 1): Korrelationskoeffizienten zwischen Hauttemperatur und Rektaltemperatur und Signifikanzniveaus bei den Kühen

4.3. Einflußfaktoren auf die Hauttemperatur bei Zuchtsauen

4.3.1. Fellzustand

Der Einfluß der Behaarung an der Meßstelle sollte auch für Zuchtsauen quantifiziert werden. Die Differenzen aus den Vergleichsmessungen mit Infrarot- bzw. Kontakt-Thermometer an Stellen mit dichtem oder spärlichem Borstenkleid zeigt Tab. 12:

Haar- kleid	min. Differenz	max. Differenz	Median- wert
spärlich	-0,2°C	-2,1°C	-1,2°C
dicht	-0,5°C	-4,1°C	-1,8°C

Negative Zahlenwerte: die Werte des Infrarot-Thermometers liegen unter den Werten des Kontaktthermometers

Tab. 12: Differenzen zwischen kontaktlos und mit Kontakt-Thermometer gemessenen Hauttemperaturen bei Sauen

Für die Sauen liegt an Stellen mit spärlichem Haarkleid die Differenz zwischen berührungsloser und Kontaktmessung zwischen 0,2°C und etwa 2°C mit einem Median von 1,2°C. An Stellen mit dichten Borsten liegt diese Differenz zwischen 0,5 und 4°C mit einem Median von 1,8°C.

Die Histogramme Abb. 12 und Abb. 13 zeigen die Häufigkeitsverteilung der gefundenen Differenzen.

Demnach zeigen die Stellen mit spärlichem Haarkleid eine mittentbetonte Verteilung der Differenzwerte. Die dichter behaarten Meßstellen verhalten sich weniger einheitlich und zeigen zwei lokale Gipfel bei 1,3 und 2,7°C Differenz.

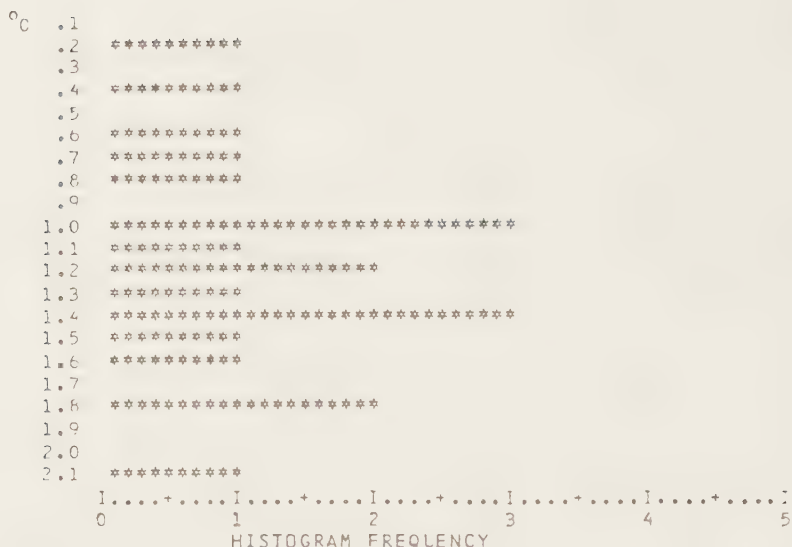


Abb. '2: Häufigkeitsverteilung der Meßwertdifferenzen zwischen
Infrarot- und Kontaktthermometer bei spärlichen Borsten
(Deutsche Landrasse)

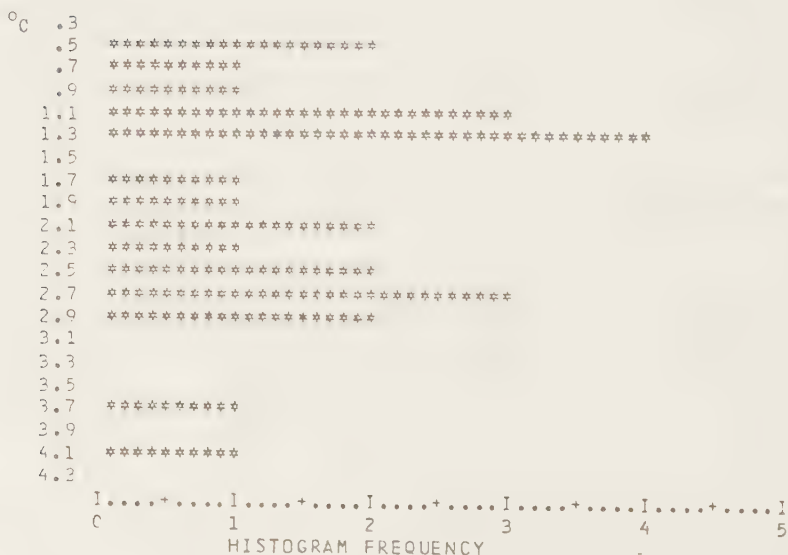


Abb. 13: Häufigkeitsverteilung der Meßwertdifferenzen zwischen
Infrarot- und Kontaktthermometer bei dichten Borsten
(Deutsche Landrasse)

4.3.2. Klimatische und physiologische Faktoren

Auch für die Sauen sollen die auf die Hauttemperatur wirkenden Einflußfaktoren klimatischer und physiologischer Art bestimmt werden. Zu diesem Zweck werden die an 40 Zuchtsauen bei 16 bzw. 18°C Stalltemperatur gemessenen Hauttemperaturwerte einer Varianzanalyse mit den Klassifikationsvariablen Lufttemperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit und den Kovariablen Alter und Graviditätsstand unterzogen. Die Ergebnisse zeigt Tab. 13:

Faktor	Messpunkt									
	Ohr-	Wider-	Unter	Meta-	Kreuz-	Anus	Karpal-	Karpal-	Tarsal-	Tarsal-
	grund	rist	arm	karpus	Darmbein		gel.li	gel.re	gel.li	gel.re
<u>Haupteffekte:</u>										
Lufttemp.	ns	++	++	++	ns	ns	++	ns	+	+
Rel. Luftfeuchte	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Luftgeschw.	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<u>Kovariablen:</u>										
Rektaltemp.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Alter	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gravid.woche	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tiernummer	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tab. 13: Varianzanalyse der Einflußfaktoren auf die Hauttemperatur bei Sauen (16 - 18°C Lufttemperatur)

Die Lufttemperatur ist auch bei Säuen der bei weitem stärkste Einflußfaktor, der auch als einziger in dem geprüften Bereich von 16 - 18°C signifikant wird. Die beiden anderen Klimakomponenten Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit haben an keinem der gemessenen Punkte einen signifikanten Einfluß auf die Hauttemperatur, d.h. ihre Größe beeinflusst die Zielvariable nicht signifikant, der Zusammenhang kann also zufällig sein. Das gleiche gilt für die als Kovariable getesteten Faktoren Rektaltemperatur, Alter und Graviditätsstand, die durchweg nicht signifikant bleiben.

Um auch hier eine Vorstellung über die Größenordnung der Auswirkung der nicht signifikanten Faktoren zu erhalten, wurden die in der Varianzanalyse erhaltenen Varianzanteile, ausgedrückt als prozentualer Anteil an der Gesamtvarianz (Varianzaufklärung), in einem Balkendiagramm (Abb. 14) dargestellt.

Die Abbildung zeigt für die Lufttemperatur sehr unterschiedliche Anteile an den Meßpunkten zwischen etwa 4% an Ohrgrund, Kreuz-Darmbein und Anus und 38% am "Karpalgelenk links". Abgesehen von diesem Wert, der sich durch den Vergleich mit dem rechten Karpalgelenk relativiert, ist der Metakarpus in der hier betrachteten Temperaturzone mit 27,8% am meisten von der Lufttemperatur beeinflusst, während Ohrgrund, Kreuzdarmbein und Anus in diesem Temperaturbereich kaum von der Lufttemperatur abhängen.

Die Luftfeuchte hat an allen Meßpunkten wenig Einfluß und liegt an den Gliedmaßen nahe 0. Der Varianzanteil der Luftgeschwindigkeit ist relativ groß, sie wirkt sich also bei dem auf 16 - 18 °C eingeschränkten Lufttemperaturbereich deutlich aus. Ein klares Bild ist für die Meßpunkte jedoch nicht zu ersehen. Die höheren Werte für den Luftgeschwindigkeitsanteil finden sich an den Rumpflokalisationen, die niedrigeren bis etwa 40% eher an den Gliedmaßen, die sensibler auf die Lufttemperatur reagieren.

Rektaltemperatur, Alter und Graviditätsstand erreichen an keinem Punkt große Bedeutung. Lediglich die Rektaltemperatur am "Karpalgelenk rechts" ist für 12,5% und das Alter am Widerrist ist für 6,25% der Gesamtvarianz verantwortlich. Die übrigen Werte liegen um bzw. unter 1%.

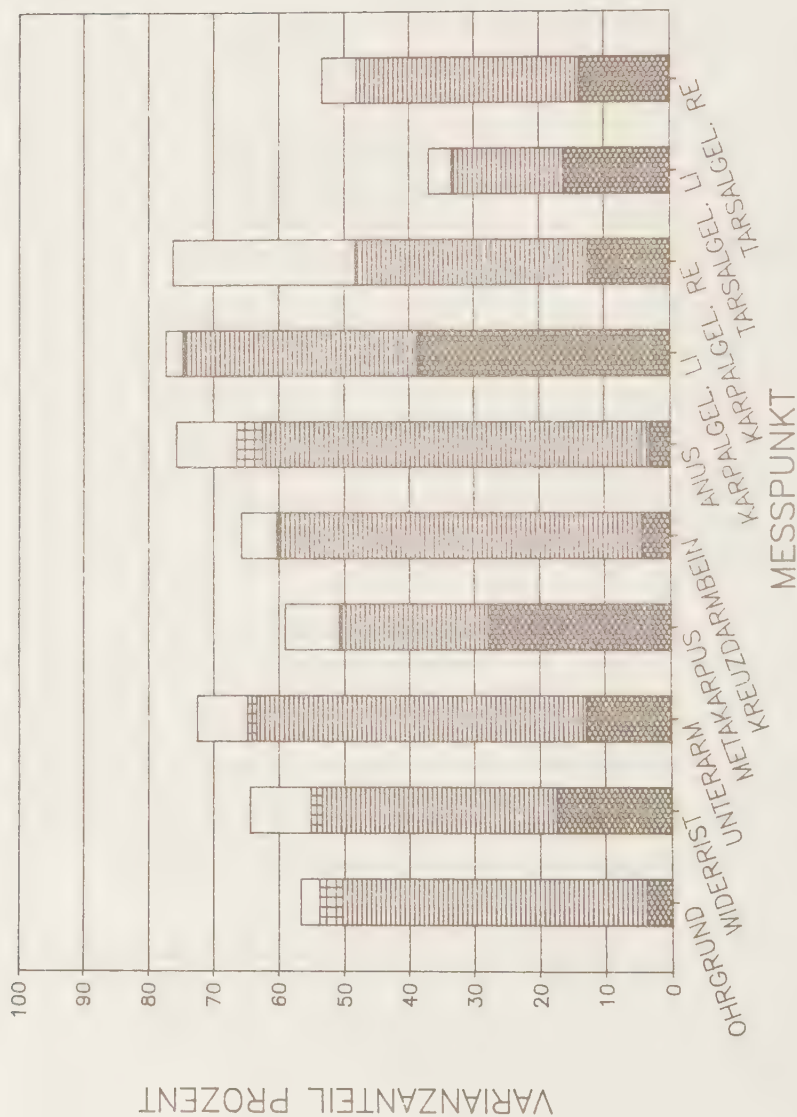


Abb. 14: Varianzanteile der geprüften Einzelfaktoren bei Säuen zwischen 16 und 18°C Lufttemperatur

Um eine Aussage über einen größeren Temperaturbereich treffen zu können, wurden zwei weitere Messungen bei 22°C und 27°C Lufttemperatur zusammen mit der ersten Meßreihe varianzanalytisch behandelt und wiederum die Varianzanteile (Abb. 15) bestimmt. Die Gelenkpunkte sind nicht mit einbezogen.

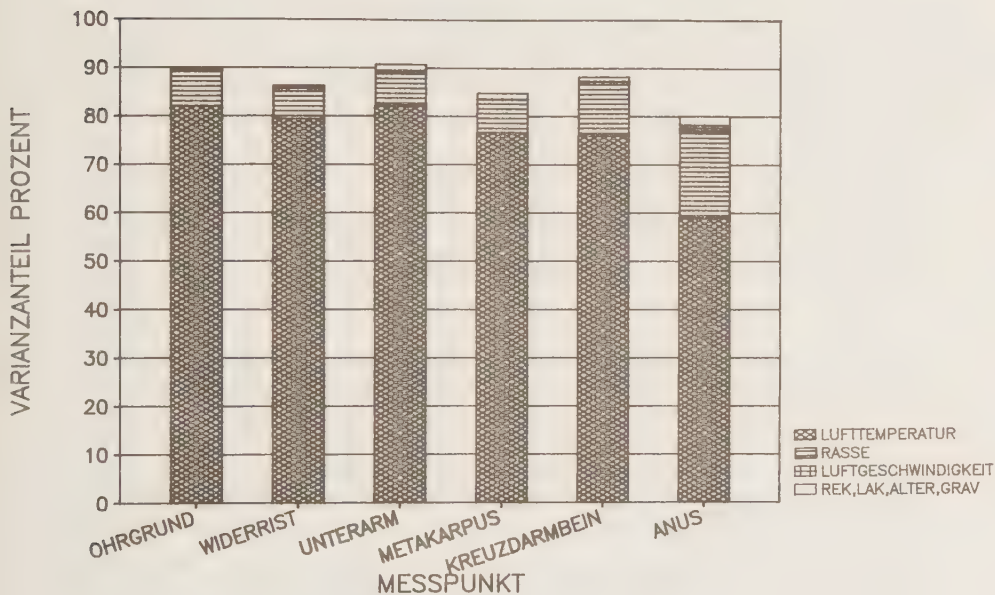


Abb. 15: Varianzanteile der geprüften Einzelfaktoren bei Sauen zwischen 16°C und 28°C Lufttemperatur

Auch hier ergibt sich durch die Hinzunahme der 22°C- und der 28°C-Messung eine größere Gesamtvarianz an den Meßpunkten, die aber zu 80% durch die Lufttemperatur entsteht. Die anderen Faktoren verlieren dadurch stark an Bedeutung. Die Luftgeschwindigkeit fällt auf 6 - 11% und die Luftfeuchte unter 1%, ebenso die einzelnen Kovariablen.

4.3.3. Statistische Berechnungen

4.3.3.1. Meßtechnische Streuung

In Analogie zum Vorgehen bei den Milchkühen sollte auch für die Zuchtsauen die durchschnittliche Standardabweichung der Dreifachmessung für jeden Meßpunkt bestimmt werden. Tab. 14 zeigt diese Mittelwerte.

Meßpunkte					
Ohrgrund	Widerrist	Unterarm	Metakarpus	Kreuz-Darmbein	Anus
0,25	0,20	0,28	0,16	0,20	0,19
Karpalgel. links		Karpalgel. rechts	Tarsalgel. links	Tarsalgel. rechts	
0,24		0,25	0,24	0,25	

Tab. 14: Durchschnittliche Standardabweichungen der Dreifachmessungen bei Sauen

Die geringsten durchschnittlichen Standardabweichungen ergeben sich am Meßpunkt Metakarpus und am Anus, die höchsten finden sich am Unterarm, am Ohrgrund und an den Tarsalgelenken.

Die Spannweite zwischen größtem und kleinstem Wert ist mit derjenigen bei den Milchkühen fast identisch, jedoch liegen die Standardabweichungen bei den Sauen insgesamt niedriger, d.h. die Standardabweichungen zwischen den drei Messungen sind bei den Sauen geringer.

4.3.3.2. Biologische Streuung

Auch für die Sauen soll beurteilt werden, wie stark die Hauttemperaturen bei gleichen Bedingungen zwischen den Individuen schwanken. Tab. 15 zeigt die analog zu den Kühen gebildeten Standardabweichungen für verschiedene Lufttemperaturen, die sich

aus allen Mittelwerten der Dreifachmessungen an den sich entsprechenden Meßpunkten ergeben.

Luft-temp.	Meßpunkte					
	Ohrgrund	Widerrist	Unterarm	Metakarpus	Kreuz-Darmbein	Anus
16-18°C	1,10	1,78	1,44	3,22	1,76	1,51
22°C	1,28	2,26	1,18	1,42	1,47	1,04
28°C	0,93	0,96	0,71	0,90	1,03	1,09

	Karpalgel.	Karpalgel.	Tarsalgel.	Tarsalgel.
	links	rechts	links	rechts
16-18°C	3,17	1,94	2,02	1,94
22°C	-	-	-	-
28°C	-	-	-	-

Tab. 15: Standardabweichungen der Mittelwerte aus den Dreifachmessungen bei Sauen

Auch bei den Sauen sind für den niedrigsten Lufttemperaturbereich, die Standardabweichungen im allgemeinen höher als bei den höheren Temperaturen. Zudem sind sie auch zwischen 16°C und 18°C am wenigsten einheitlich mit einer Spannweite von 1,1 bis 3,2, wobei die höheren Standardabweichungen an den Gelenken zu finden sind und das Minimum am Ohrgrund liegt.

Bei 22°C und ausgeprägter noch bei 28°C herrschen dagegen relativ einheitliche Hauttemperaturen, die Standardabweichungen unter 2 bzw. unter 1 ergeben.

Damit zeigen die Zuchtsauen ein den Kühen in der Tendenz und auch in der absoluten Größenordnung sehr ähnliches Bild mit beachtlichen Schwankungen von Tier zu Tier besonders bei mittleren Lufttemperaturen.

4.3.3.3. Beziehung der Haut- zur Rektaltemperatur

Bei den Sauen sollte ebenfalls geprüft werden, ob sich aus der Hauttemperatur Rückschlüsse auf die Rektaltemperatur ziehen

lassen. Hierzu wurden aus den Meßwerten der im Kastenstand gehaltenen Sauen für den ganzen Temperaturbereich von 16°C bis 28°C die Korrelationen zwischen Hauttemperatur und Rektaltemperatur berechnet und in Tab. 16 dargestellt.

Meßpunkte					
Ohrgrund	Widerrist	Unterarm	Metakarpus	Kreuz-Darmbein	Anus
0,57 +++	0,56 +++	0,61 +++	0,53 +++	0,62 +++	0,65 +++
Karpalgel. links	Karpalgel. rechts	Tarsalgel. links	Tarsalgel. rechts		
0,12 ns	0,16 ns	0,06 ns	0,03 ns		

Tab. 16: Korrelationskoeffizienten zwischen Hauttemperatur und Rektaltemperatur und Signifikanzniveaus bei den Sauen

Außer den Gelenkpunkten weisen alle übrigen Meßpunkte sehr hoch signifikante Korrelationen zur Rektaltemperatur auf. Die Korrelationskoeffizienten liegen über $r = 0,6$ (Anus, Kreuz-Darmbein, Unterarm) bzw. über $r = 0,5$ (Ohrgrund, Widerrist, Metakarpus). Die Koeffizienten für die Gelenkpunkte liegen alle unter $r = 0,2$ und verfehlen die Signifikanzschwelle deutlich.

4.4. Hauttemperatur an den Gelenken

4.4.1. Vergleichende Messungen der Hauttemperatur an den Gelenken bei Milchkühen in Laufstall und Kurzstand

Die an den Gelenken der Laufstallkühen erhobenen Hauttemperaturen wurden mit Hilfe unabhängiger t-Tests, getrennt nach Meßpunkten, mit denen der Kühe in Kurzstandanbindehaltung verglichen. Tab. 17 zeigt die Ergebnisse.

Haltungs- Meßpunkt system

	Karpal- gel. li	Karpal- gel. re	Fessel- gel. vo	Fessel- gel. hi	Tarsal- gel. li	Tarsal- gel. re
<u>DFV</u>						
Kurzstand	26,7	26,7	27,8	29,2	29,2	28,6 °C
Laufstall	27,0	27,0	28,5	29,4	28,8	29,1 °C
p	0,38 ns	0,69 ns	0,22 ns	0,73 ns	0,46 ns	0,38 ns
<u>DSb</u>						
Kurzstand	29,9	29,6	30,7	31,8	31,8	31,4 °C
Laufstall	28,9	28,0	29,0	30,8	31,0	30,5 °C
p	0,02 +	0,003 ++	0,007 ++	0,014 +	0,10 ns	0,021 +

Die p-Werte sind Wahrscheinlichkeiten.

Tab. 17: Vergleich der Hauttemperaturen an den Gelenken von Milchkühen in unterschiedlichen Haltungssystemen

Bei nach Rassen getrennter Betrachtung sind für die Rasse Deutsches Fleckvieh demzufolge keine signifikanten Differenzen zwischen Laufstall und Kurzstandhaltung festzustellen. Die Rasse Deutsche Schwarzbunte dagegen weist an fünf von den sechs gemessenen "großen" Gelenken signifikante bis hoch signifikante Hauttemperaturunterschiede zwischen Kühen aus Laufstallhaltung und solchen im Kurzstand auf. Die Hauttemperaturen liegen für die Rasse Deutsche Schwarzbunte an allen Gelenken in der Anbindehaltung höher als im Laufstall.

Da die festgestellten Unterschiede nicht nur durch das Haltungssystem, sondern auch durch andere Faktoren wie z.B. Rektaltempe-

ratur oder Milchleistung oder tierindividuelle Gegebenheiten bedingt sein könnten, wurden die Daten varianzanalytisch geprüft. Tab. 18 zeigt die Ergebnisse, getrennt nach Rassen.

Rasse	Faktor	Meßpunkt Karpal- gel. li	Karpal- gel. re	Fessel- gel. vo	Fessel- gel. hi	Tarsal- gel. li	Tarsal- gel. re
DFV	Haltungs- system	0,835 ns	0,702 ns	0,775 ns	0,532 ns	0,120 ns	0,833 ns
	Rektaltemp.	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Milchleistg.	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Tiernummer	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DSb	Haltungs- system	0,072 ns	0,064 ns	0,015 +	0,047 +	0,075 ns	0,164 ns
	Rektaltemp.	ns	ns	++	ns	ns	ns
	Milchleistg.	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Tiernummer	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Die Zahlenwerte sind Wahrscheinlichkeiten (p-Werte).

Tab. 18: Varianzanalyse der Einflußfaktoren auf die Hauttemperatur bei Milchkühen in unterschiedlichen Haltungssystemen

Wie Tab. 18 zeigt, übt für die Rasse Deutsches Fleckvieh keiner der vier untersuchten Faktoren Haltungssystem, Milchleistung, Rektaltemperatur und Tiernummer einen signifikanten Einfluß auf die Hauttemperaturwerte an den hier behandelten Gelenken aus.

Auch bei den schwarzbunten Kühen beeinflussen die Milchleistung und die Tiernummer die Gelenktemperaturen nicht und die Rektaltemperatur nur an einem Meßpunkt, dem "Fesselgelenk vorne links". Der Einfluß des Faktors Haltungssystem jedoch ist an zwei Gelenken, dem "Fesselgelenk vorne links" und dem "Fesselgelenk hinten links", signifikant. Zusätzlich verfehlt der Faktor Haltungssystem bei drei weiteren Gelenkmeßpunkten ("Karpalgelenk links", "Tarsalgelenk links", "Karpalgelenk rechts") die Signifikanzschwelle nur relativ knapp ($p < 0,075$). Nur am Meßpunkt "Tarsalgelenk rechts" ist der Einfluß des Haltungssystems deutlich nicht signifikant.

Die im t-Test für fünf der sechs Gelenkmeßpunkte erhaltenen signifikanten Hauttemperaturunterschiede zwischen den Haltungssystemen sind somit nur in zwei Fällen varianzanalytisch gesichert auf den Faktor Haltungssystem zurückzuführen, an drei weiteren Punkten verfehlte dieser Faktor jedoch nur knapp die Signifikanzschwelle.

Zwischen den Haltungssystemen Kurzstand und Laufstall besteht für die Fleckvieh-Kühe also kein statistisch gesicherter Unterschied. Die schwarzbunten Kühe aus der Kurzstandhaltung dagegen weisen an fünf von sechs betrachteten Gelenken signifikant höhere Hauttemperaturen auf als die Schwarzbunten im Laufstall, wofür varianzanalytisch in zwei Fällen sicher ($p < 0,05$) und in drei weiteren wahrscheinlich ($p < 0,075$) der Faktor Haltungssystem verantwortlich gemacht werden kann.

4.4.2. Vergleichende Messungen der Hauttemperatur an den Gelenken bei Zuchtsauen in Gruppenhaltung und Kastenstand

Analog zur Auswertung bei den Milchkühen wird auch bei den Sauen zunächst in einem unabhängigen t-Test geprüft, ob sich überhaupt Unterschiede in der Hauttemperatur an den Gelenken von im Einzelstand bzw. im Freilauf gehaltenen Sauen ergeben. Das Ergebnis zeigt Tab. 19:

Haltungssystem	Meßpunkt			
	Karpal-gel. li	Karpal-gel. re	Tarsal-gel. li	Tarsal-gel. re
Kastenstand	28,3	28,3	31,5	31,5 °C
Freilauf	26,9	26,8	29,9	29,7 °C
p	0,048 +	0,006 ++	0,001 +++	0,000 +++

Die p-Werte sind Wahrscheinlichkeiten.

Tab. 19: Vergleich der Hauttemperaturen an den Gelenken von Zuchtsauen in unterschiedlichen Haltungssystemen

Die Hauttemperatur an allen vier gemessenen Gelenkpunkten unterscheidet sich signifikant bis sehr hoch signifikant zwischen den im Einzelstand und den im Freilauf gehaltenen Sauen. Dabei lagen immer die Werte im Einzelstand über denen in Freilaufhaltung.

Zur Feststellung weiterer für die Unterschiede ursächlicher Faktoren wird wiederum eine Varianzanalyse durchgeführt, deren Ergebnis Tab. 20 zeigt.

Faktor	Meßpunkt			
	Karpal- gel. li	Karpal- gel. re	Tarsal- gel. li	Tarsal- gel. re
Haltungs- system	0,240 ns	0,052 ns	0,011 +	0,012 +
Rektaltemp.	ns	ns	ns	ns
Gravid.woche	ns	ns	ns	ns
Tiernummer	ns	ns	ns	ns

Die Zahlenwerte sind Wahrscheinlichkeiten (p-Werte).

Tab. 20: Varianzanalyse der Einflußfaktoren auf die Hauttemperaturen bei Zuchtsauen in unterschiedlichen Haltungssystemen

Die Faktoren Rektaltemperatur, Graviditätsdauer und Tiernummer üben in keinem Fall einen statistisch signifikanten Einfluß aus. Der Faktor Haltungssystem dagegen wirkt an den beiden Tarsalgelenken signifikant bzw. hoch signifikant und verfehlt am Meßpunkt "Karpalgelenk rechts" die Signifikanzschwelle von $p=0,05$ nur äußerst knapp ($p = 0,052$), dagegen am "Karpalgelenk links" sehr deutlich.

Die für diese Messungen verwendeten Freilaufsaue sind während der Abferkel- und Laktationsperiode ebenfalls im Kastenstand aufgestellt, haben jedoch ab einer Woche nach dem Neubelegen wieder freien Auslauf für die ganze Trächtigkeitsdauer. Durch diesen Wechsel in der Haltung der Sauen ist es möglich, zu prüfen, ob eine Korrelation zwischen der Dauer des Freilaufs und den gemessenen Gelenkhauttemperaturen besteht (siehe Tab. 21).

Korrelations- koeffizient	Meßpunkt			
	Karpal- gel. li	Karpal- gel. re	Tarsal- gel. li	Tarsal- gel. re
r	-0,08 ns	-0,12 ns	0,49 ++	0,51 ++

Tab. 21: Korrelation zwischen der Zahl der Wochen im Auslauf und den Gelenkhauttemperaturen bei den Freilaufsauen

Für die beiden Tarsalgelenke besteht eine hoch signifikante positive Korrelation zwischen der Zeit, die die Sauen in der Freilaufhaltung stehen, und der Hauttemperatur. Je länger also die Sauen schon in der Freilaufhaltung sind, desto höher ist die Hauttemperatur an ihren Tarsalgelenken. Für die beiden Karpalgelenke besteht kein gesicherter Zusammenhang.

Anzumerken ist, daß strenggenommen für die Freilaufsauen nicht zwischen den Faktoren "Gravidität" und "Zahl der Wochen im Auslauf" unterschieden werden kann, da beide parallel, nur um eine Woche versetzt laufen. Die soeben errechneten Korrelationen können theoretisch also auch für die Graviditätswoche geltend gemacht werden und bedeuten dann, daß die Hauttemperatur an den Tarsalgelenken umso höher ist, je weiter die Trächtigkeit fortschreitet. Allerdings ist bei der Vergleichsgruppe, den dauernd im Einzelstand gehaltenen Sauen, ein solcher Trächtigkeitseinfluß auf die Hauttemperatur der Tarsalgelenke nicht festzustellen, die Korrelation ist dort nicht signifikant.

Auch für die weiter oben dargestellte Varianzanalyse gilt die Überlagerung zwischen Freilaufzeit und Graviditätsdauer, jedoch waren die beiden Faktoren ohnehin nicht signifikant.

Aus dem Vergleich der Hauttemperaturen an den Karpal- und Tarsalgelenken von Sauen im Einzelstand bzw. in Freilaufhaltung bleibt festzuhalten, daß sich die gemessenen Werte zwischen den beiden Gruppen an allen vier Gelenken signifikant bis hoch signifikant

unterscheiden, und daß diese Unterschiede an den beiden Tarsalgelenken sicher ($p < 0,05$) und am "Karpalgelenk rechts" mit hoher Wahrscheinlichkeit ($p = 0,052$) vom Faktor Haltungssystem verursacht werden.

4.5. Hauttemperatur unter Belastung beim Schwein

4.5.1. Absetz-Versuch

Um festzustellen, ob das Absetzen von Ferkeln von der Muttersau überhaupt eine Auswirkung auf die Hauttemperatur der Ferkel hat, werden zunächst die Mittelwerte der Widerristtemperatur innerhalb der Gruppen (Versuchs- bzw. Kontrollgruppe) mit abhängigen t-Tests verglichen (Abb. 16).

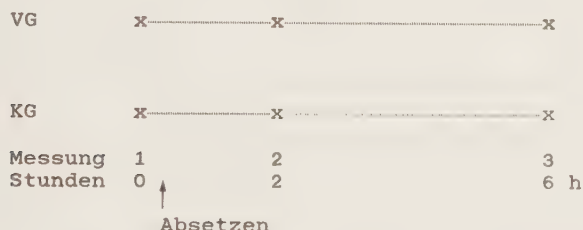


Abb. 16: Vergleich innerhalb der Gruppen

Die Ergebnisse zeigt Tabelle 21:

Gruppe	Messungen	
	1 vs. 2	2 vs. 3
Versuchsgruppe	↓↓↓	ns
Kontrollgruppe	↓↓↓	ns

Die Pfeile geben jeweils an, ob der Meßwert von der erst- zur zweitgenannten Messung gestiegen oder gefallen ist.

Tab. 21: Signifikanzniveaus der t-Tests innerhalb der Gruppen

Sowohl in der abgesetzten Versuchs- als auch in der bei der Mutter verbliebenen Kontrollgruppe liegt die Hauttemperatur am Widerrist 2 Stunden nach dem Absetzen der Versuchsgruppe sehr hoch signifikant unter den Ausgangswerten. Von dieser Messung 2 Stunden nach dem Absetzen bis zum Zeitpunkt 6 Stunden nach dem

Absetzen ändern sich die Hauttemperaturen weder in der Versuchsgruppe noch in der Kontrollgruppe signifikant.

In beiden Gruppen ist also ein deutlicher Effekt durch das Absetzen der Versuchsgruppe festzustellen. Ob dieser Effekt bei einer der beiden Gruppen stärker ist, zeigt der Vergleich (unabhängige t-Tests) zwischen den Gruppen (Abb. 17).

Versuchsgruppe	x	x	x
Kontrollgruppe	x	x	x
Messung	1	2	3
Stunden	0	2	6 h
	↑ Absetzen		

Abb. 17: Vergleich zwischen den Gruppen

Die Ergebnisse zeigt Tab. 23:

Gruppen	Messung			
	1	2	3	4
Versuchsgruppe				
vs.	ns	↓ ↓ ↓	↓ ↓	↓
Kontrollgruppe				

Die Pfeile geben jeweils an, ob die Werte der Versuchsgruppe über oder unter der Kontrollgruppe liegen.

Tab. 23: Vergleich der Hauttemperaturen von Versuchs- und Kontrollgruppe beim Absetzen von Ferkeln

Während sich Versuchsgruppe und Kontrollgruppe in den Ausgangswerten nicht signifikant unterscheiden, liegt die Hauttemperatur der Versuchsgruppe 2 Stunden nach dem Absetzen sehr hoch signifikant unter der der Kontrollgruppe und 6 Stunden nach dem Absetzen immer noch hoch signifikant.

Somit ist festzuhalten, daß beide Gruppen nach dem Absetzen einen starken Hauttemperaturabfall aufweisen und die Hauttemperatur auch erniedrigt bleibt, daß aber der Effekt bei der abgesetzten

Versuchsgruppe noch viel ausgeprägter ist als bei den bei der Mutter verbliebenen Kontrollferkeln.

4.5.2. Transport-Versuch

Im Zusammenhang mit einem LKW-Transport von Mastschweinen zum Schlachthof wurden Hauttemperatur und Rektaltemperatur dieser Tiere erfaßt. Die Ladedichte der beiden Gruppen war 0,4 bzw. 0,6 m² je Tier.

Mit Hilfe einer Varianzanalyse wurde überprüft, welche der Faktoren "Fläche pro Tier auf dem LKW", "Zeit der Messung" und "Tiernummer" die gemessenen Hauttemperaturen beeinflussen. Tab. 24 zeigt die Ergebnisse der Varianzanalyse.

Faktor	Meßpunkt Ohrgrund	Widerrist	Anus	Rektal- temperatur
Ladedichte	ns	ns	ns	+
Zeit der Messung	+++	+++	++	ns
Tiernummer	ns	ns	ns	ns

Tab. 24: Varianzanalyse der Einflußfaktoren auf die Hauttemperaturen bei Mastschweinen vor und nach einer Transportbelastung

In Bezug auf die Hauttemperatur wirken sich weder die Fläche, auf der die Tiere auf dem LKW verladen waren, noch tierindividuelle Einflüsse in signifikanter Weise aus. Der maßgebliche Faktor ist die Zeit der Messung, d.h. die Meßwerte unterscheiden sich signifikant je nachdem, ob sie vor dem Transport, direkt nach der Ankunft oder 2 bzw. 4 Stunden nach der Ankunft gewonnen wurden. Dies gilt für alle drei Meßpunkte Ohrgrund, Widerrist und Anus.

Die Rektaltemperatur erfährt keine Änderung in Abhängigkeit vom Meßzeitpunkt oder von Tier zu Tier, jedoch unterscheidet sie sich signifikant zwischen den beiden verschieden dicht verladenen Gruppen, wobei die Rektaltemperatur der auf 0,4 m² je Tier transportierten Tiere über die ganze Versuchsdauer um durchschnittlich 0,19°C über der anderen Gruppe liegt.

Um die Zeitpunkte mit signifikant voneinander abweichender Hauttemperatur herauszufinden, werden als Einzeltests t-Tests zwischen den verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt. Tab. 25 zeigt die Ergebnisse.

Messungs- Nummer	Meßpunkt Ohrgrund	Widerrist	Anus	Rektal- temperatur
1 vs. 2	↑ ↑	ns	↑	ns
2 vs. 3	↓	↓	ns	ns
3 vs. 4	ns	ns	ns	ns
1 vs. 3	↑	↓	↑	ns
1 vs. 4	ns	↓	↑	ns

Die Pfeile geben jeweils an, ob die Haut- bzw. Rektaltemperaturen von der erst- zur zweitgenannten Messung steigen oder fallen.

Messungen: 1 = Ausgangsw. Stall, 2 = direkt n. Ank.

3 = 2 Std. n. Ank., 4 = 4 Std. n. Ank.

Tab. 25: Vergleich der Hauttemperaturen von Mastschweinen zu den verschiedenen Zeitpunkten vor und nach einer Transportbelastung

An Ohrgrund und Anus steigen die Hauttemperaturen durch den Transport, d.h. von Messung 1 auf Messung 2, hoch signifikant bzw. signifikant an. Am Widerrist ist zwar ebenfalls eine Erhöhung der Hauttemperatur festzustellen, die jedoch die Signifikanzschwelle nicht erreicht. Innerhalb der folgenden zwei Stunden, also von Messung 2 auf Messung 3, fällt die Hauttemperatur an Ohrgrund und Widerrist wieder signifikant ab und verändert sich am Anus nicht nachweisbar, liegt aber am Ohrgrund und am Anus immer noch signifikant über dem Ausgangswert.

Zwischen den Messungen 3 und 4 schließlich ergeben sich an keinem Meßpunkt mehr signifikante Änderungen. Am Ohrgrund ist der Unterschied zwischen Ausgangswert und dem Wert 4 Stunden nach Ankunft statistisch nicht zu sichern, der Widerrist ist bei der Messung 4 signifikant kühler und der Anus signifikant wärmer als am Anfang.

Für die Rektaltemperatur ergibt sich zu keinem Zeitpunkt eine signifikante Änderung gegenüber einer anderen Zeit. Auch der Transport erhöht also die Rektaltemperatur nicht signifikant.

Für jede Messung wurden für beide Gruppen getrennt die Korrelationen zwischen der Haut- und der Rektaltemperatur berechnet. Bis auf einzelne Ausnahmen waren diese nicht signifikant. Auch zeigten sich keine systematischen Veränderungen beim Vergleich der Korrelationen vor mit denen nach dem Transport.

Zusammenfassend bleibt für die Hauttemperatur festzuhalten, daß trotz der von 16°C im Stall über 10°C auf dem LKW auf 12°C im Schlachthof gesunkenen Lufttemperatur die Hauttemperatur durch die Summe der mit dem Transport verbundenen Belastungen am Ohrgrund hoch signifikant, am Anus signifikant und am Widerrist nicht signifikant gestiegen ist. Im Verlauf der Ruhezeit, bei zunehmendem zeitlichem Abstand von der Transportbelastung, sinken die Hauttemperaturen an Ohrgrund und Widerrist wieder ab, nicht dagegen am Anus.

4.5.3. Belegdichten-Versuch

Die Ergebnisse dieses Versuchs sind vor allem daraufhin zu betrachten, ob die infolge vermehrter gegenseitiger Beeinflussung durch abgegebene Strahlungswärme erwartete Erhöhung der Hauttemperatur von einem denkbaren psychisch bedingten Anstieg zu trennen ist.

Zunächst soll durch eine Varianzanalyse festgestellt werden, ob sich durch die Reduzierung der Fläche überhaupt eine signifikante Änderung bei der Versuchsgruppe ergibt. Die Varianzanalyse mit den Faktoren "Zeit der Messung" und "Tiernummer" brachte folgendes Ergebnis (Tab. 26):

Faktor	Meßpunkte Ohrgrund	Widerrist	Anus	Rektal- temperatur
Zeit der Messung	+++	+++	+++	ns
Tiernummer	+++	+++	+++	+++

Tab. 26. Varianzanalyse der Einflussfaktoren auf die Hauttemperatur von Mastschweinen bei Reduzierung der Buchtenfläche (Versuchsgruppe)

Die Faktoren Tiernummer und Zeit der Messung haben insgesamt einen sehr hoch signifikanten Einfluß auf die Meßwerte. Zum einen sind für die Gesamtvarianz also die Hauttemperaturunterschiede von Tier zu Tier ein wesentlicher Faktor. Diese individuellen Unterschiede sollen hier nicht weiter verfolgt werden.

Zum anderen wird ein großer Teil der Gesamtvarianz durch die Zeit der Messung, also durch den Versuchszeitpunkt, erklärt. Um festzustellen, welche Messungen im einzelnen voneinander abweichen, werden Einzeltests als abhängige t Tests durchgeführt. Das Ergebnis zeigt Tab. 27.

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß für die Versuchsgruppe zwei Stunden nach dem Verkleinern der Buchtenfläche (Messung Nr. 2) die Hauttemperaturen an allen drei Meßpunkten Ohrgrund, Widerrist und Anus signifikant höher sind als der Nullwert (Messung Nr. 1). Die Rektaltemperatur ist nicht signifikant verändert.

Bei den folgenden Meßzeitpunkten 3 - 6 sind bis auf eine Ausnahme keine signifikanten Veränderungen mehr zu beobachten. Die Hauttemperaturen erhöhen sich also nur durch das Verkleinern der Buchtenfläche signifikant.

Der Vergleich der Meßwerte aus den Meßzeitpunkten 3 - 6 mit den Ausgangswerten (Meßzeitpunkt 1) zeigt, daß die Meßwerte an allen drei Meßpunkten bei jeder Messung gegenüber dem Ausgangswert signifikant erhöht bleiben.

Meßpunkt	Messung Nr.									
	1 vs.2	2 vs.3	3 vs.4	4 vs.5	5 vs.6	1 vs.3	1 vs.4	1 vs.5	1 vs.6	
Ohrgrund	↑	ns	ns	ns	ns	↑	↑	↑	↑	
Widerrist	↑	ns	ns	ns	↓	↑	↑	↑	↑	
Anus	↑	ns	ns	ns	ns	↑	↑	↑	↑	
Rektaltmp.	ns	ns	↑	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Uhrzeit	10	12	16	22	10	10	16	22	10	10
Tag1					Tag2	Tag3	Tag1		T.1	T.2
									T.1	T.2
									T.1	T.3

Die Pfeile geben jeweils an, ob der Meßwert von der erst- zur zweitgenannten Messung gestiegen oder gefallen ist.

Tab. 27: Vergleich der durchschnittlichen Hauttemperaturen zu den verschiedenen Meßzeitpunkten (Versuchsgruppe)

Um zu gewährleisten, daß die festgestellten Hauttemperaturänderungen der Versuchsgruppe nicht etwa durch unbemerkt gebliebene Storeinflüsse zustande gekommen sind, ist ein Vergleich der Meßwerte von Versuchs- und Kontrollgruppe aus jeweils derselben Messung nötig.

Eine schematische Darstellung der Testanordnung zeigt Abb. 18:

Versuchsgruppe	x	x	x	x	x	x
Kontrollgruppe	x	x	x	x	x	x
Meßzeitpunkt	1	2	3	4	5	6
Stunden	0	2	6	12	24	48
Verringerung der Fläche						

Abb. 18: Hauttemperaturvergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe nach Reduzierung der Buchtenfläche (Mast-schweine)

Die Vergleichstests wurden als unabhängige t-Tests durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 28:

Meßpunkt	Zeit der Messung					
	1	2	3	4	5	6
Ohrgrund	++	+++	+++	ns	+	ns
Widerrist	+++	+++	+++	ns	+	ns
Anus	+++	+	++	ns	++	ns
Rektaltemp.	ns	+	ns	ns	ns	ns
Uhrzeit	10	12	16	22	10	10
	Tag 1				Tag 2	Tag 3

Tab. 28: Signifikanz des Hauttemperaturvergleichs zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe nach Verringerung der Buchtenfläche

Demnach liegen bei der ersten Messung die Hauttemperaturwerte der Versuchsgruppe, also ihre Ausgangswerte vor der Flächenreduktion,

hoch bis sehr hoch signifikant über den Hauttemperaturwerten der Kontrollgruppe, die zu diesem Zeitpunkt seit 48 Stunden auf verkleinerter Fläche steht. Dieselben starken Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe bestehen bei den Messungen Nr. 2 und 3, also 2 bzw. 6 Stunden nach der ersten Messung.

Für die weiteren Veränderungen ist es zweckmäßig, sie im Zusammenhang mit Tab. 27 zu sehen. Zum Zeitpunkt 4 hin, d.h. 12 Stunden nach dem Einengen der Versuchsgruppe, also abends um 22 Uhr vorgenommen wird, steigt die Hauttemperatur der Kontrollgruppe an, während diejenige der Versuchsgruppe sich von Messung 3 auf 4 nicht signifikant verändert (vgl. Tab. 27). Dadurch haben sich die Werte der Kontrollgruppe den höheren der Versuchsgruppe soweit angenähert, daß die Signifikanz verschwindet.

Zwischen den Meßzeitpunkten 4 und 5, also von abends 22 Uhr auf 10 Uhr am nächsten Morgen, fallen nur die Werte der seit 72 Stunden eng aufgestellten Kontrollgruppe um $1,18^{\circ}\text{C}$ am Ohrgrund ($p < 0,05$) bzw. $0,6^{\circ}\text{C}$ am Widderrist (n.s.) bzw. um $0,7^{\circ}\text{C}$ am Anus (n.s.) ab, wohingegen die Werte der Versuchsgruppe ganz leicht steigen (Ohrgrund $0,08^{\circ}\text{C}$ n.s., Widderrist $0,08^{\circ}\text{C}$ n.s.) bzw. minimal fallen (Anus $-0,07^{\circ}\text{C}$ n.s.), also praktisch unverändert bleiben. Aus diesem voneinander abweichenden Verhalten der beiden Gruppen ergibt sich wiederum an allen drei Meßpunkten ein signifikanter Hauttemperaturunterschied bei Messung 5.

Von Messung 5 auf Messung 6, die beide um 10 Uhr vormittags vorgenommen werden und 24 Stunden auseinander liegen, verhalten sich die Meßwerte der beiden Gruppen genau umgekehrt wie soeben geschildert. Diesmal sind die Werte der Kontrollgruppe fast unverändert gegenüber der Messung 5 (Ohrgrund $+0,17^{\circ}\text{C}$ n.s., Widderrist $-0,27^{\circ}\text{C}$ n.s., Anus $-0,42^{\circ}\text{C}$ n.s.). Die Versuchsgruppe hingegen zeigt nun trotz identischer Tageszeit einen deutlicheren Abfall der Hauttemperaturwerte (Ohrgrund $-0,68^{\circ}\text{C}$ +, Widderrist $0,86^{\circ}\text{C}$ +, Anus $-0,06^{\circ}\text{C}$ n.s.), der allerdings nur am Ohrgrund und am Widderrist statistische Signifikanz erreicht. Durch die annähernde Konstanz der Kontrollgruppe und den Hauttemperaturabfall der vorher höheren Werte der Versuchsgruppe nähern sich die beiden Gruppen soweit aneinander an, daß keine signifikanten Unter-

schiede mehr bestehen (siehe Tabelle 27, Messung 6). Die Rektaltemperatur zwischen den beiden Gruppen dagegen ist außer bei Messung 2 bei allen Messungen statistisch nicht signifikant voneinander verschieden.

Da die bei den ersten drei Messungen immer deutlich voneinander abweichenden Hauttemperaturen von Versuchsgruppe und Kontrollgruppe sich bei der Messung 4, also abends um 22 Uhr, plötzlich nicht mehr signifikant unterscheiden, liegt es nahe, zu überprüfen, ob das Verschwinden der Unterschiede mit Verschiebungen aufgrund der Tageszeit zu tun hat. Zu diesem Zweck wurde der Einfluß der Tageszeit auf die Hauttemperaturen und die Rektaltemperatur von Versuchs- und Kontrollgruppe varianzanalytisch überprüft (Tab. 29), wobei nur die Messungen 2 - 6 berücksichtigt werden konnten, da Messung 1 die Nullwerte der Versuchsgruppe erfaßte und danach die Belegungsdichte, also äußere Bedingungen, verändert wurden. Die hier ausgewerteten Messungen um 12 Uhr und um 22 Uhr fanden also am ersten Versuchstag statt, die 10-Uhr-Messung am nächsten Morgen.

Gruppe	Meßpunkt	Gesamtsig- nifikanz	Einzeltests		
		Tageszeit	12 vs. 22	16 vs. 22	22 vs. 10
Versuchs- gruppe	Ohrgrund	ns	ns	ns	ns
	Widerrist	ns	ns	ns	+
	Anus	ns	ns	ns	ns
	Rektaltemp.	ns	ns	+	ns
Kontroll- gruppe	Ohrgrund	+++	+	+	+
	Widerrist	++	+	+	ns
	Anus	ns	+	ns	+
	Rektaltemp.	ns	+	ns	ns

Tab. 29: Einfluß der Tageszeit auf Haut- und Rektaltemperatur bei den Messungen 2 bis 6.

Auf die Werte der Versuchsgruppe hat die Tageszeit insgesamt keinen signifikanten Einfluß. Bei der Kontrollgruppe dagegen findet

sich für Ohrgrund und Widerrist ein signifikanter Einfluß der Tageszeit, nicht jedoch für den Anus.

Bei den Einzeltests für die Kontrollgruppe zeigt sich, daß am Meßpunkt Ohrgrund sowohl um 10 Uhr als auch um 12 Uhr und um 16 Uhr die Hauttemperatur signifikant tiefer liegt als um 22 Uhr. An den Meßstellen Widerrist und Anus liegen die um 12 Uhr und um 16 Uhr bzw. um 10 Uhr und 12 Uhr gemessenen Werte signifikant unter denen der 22 Uhr-Messung. Die Hauttemperaturen der Kontrollgruppe folgen damit einem Tagesrhythmus, der bei der Versuchsgruppe nicht feststellbar ist.

Ein weiterer Aspekt der Versuchsergebnisse ist der Zusammenhang zwischen der Haut- und der Rektaltemperatur. Wie aus Tab. 27 hervorgeht, erhöhen sich durch die Verkleinerung der Fläche zwischen Messung 1 und 2 für die Versuchsgruppe die Hauttemperaturen signifikant. Die Rektaltemperaturen hingegen bleiben unverändert. Für die Verdeutlichung dieser Entkoppelung zwischen Hauttemperatur und Rektaltemperatur bieten sich die Korrelationen zwischen den beiden Parametern an. Die für die Beziehung der Meßpunkte zur Rektaltemperatur berechneten Korrelationskoeffizienten sowie das jeweilige Signifikanzniveau zeigt Tab. 30:

Meßpunkt	Messung	1	2	3	4	5	6
Ohrgrund	0,69 +++	0,10 ns	0,01 ns	0,18 ns	-0,63 +++	0,44 +	
Widerrist	0,62 ++	0,15 ns	0,32 ns	0,18 ns	-0,45 +	0,23 ns	
Anus	0,51 +	0,00 ns	0,08 ns	0,25 ns	-0,16 ns	0,03 ns	
Stunden	0	2	6	12	24	48	

 Reduzierung der Fläche

Tab. 30: Korrelationskoeffizienten zwischen Haut- und Rektaltemperatur für die Versuchsgruppe bei Reduzierung der Buchtenfläche

Die Korrelationen der Versuchsgruppe zwischen Hauttemperatur und Rektaltemperatur zeigen ein relativ klares Bild. Bei Messung 1, also vor der Reduzierung der Fläche, ist die Korrelation zwischen der Hauttemperatur am Ohrgrund und der Rektaltemperatur sehr hoch signifikant ($r = 0,69$), die zwischen Widerrist und Rektaltemperatur hoch signifikant ($r = 0,62$) und die zwischen Anus und Rektaltemperatur signifikant ($r = 0,51$).

Bei Messung 2 sowie zu allen späteren Zeitpunkten dagegen sind die Korrelationen zwischen den Hauttemperaturen und den Rektaltemperaturen meist nicht signifikant oder zum Teil ergeben sich sogar negative Korrelationen mit Signifikanz.

Bei den Ausgangswerten bestehen also enge Korrelationen zwischen den Hauttemperaturen an den drei Meßpunkten und der Rektaltemperatur, die nach Verringerung des Flächenangebotes verschwinden.

Um die Auswirkung einer rein psychischen Belastung auf Hauttemperatur und Rektaltemperatur zu studieren, ist das Verhalten der Meßwerte der Kontrollgruppe von Messung 1 zu Messung 2 interessant. Zwischen Messung 1 und 2 wird, wie bereits geschildert, für die Versuchsgruppe die Fläche reduziert, während dies bei der Kontrollgruppe schon 48 Stunden vorher geschehen ist. Die Aufstellungsbedingungen ändern sich deshalb zwischen den beiden genannten Messungen nicht, jedoch sind die Tiere dem Lärm, der durch den Umbau für die Versuchsgruppe entsteht, und der damit einhergehenden Unruhe im Stall ausgesetzt. Tab. 31 zeigt, wie sich Haut- und Rektaltemperatur der Kontrollgruppe zwischen den beiden Messungen vor bzw. nach dem Umbau für die Versuchsgruppe verändert hat.

Meßpunkt	ΔT	p
Ohrgrund	+0,51°C	ns
Widerrist	+1,13°C	+
Anus	+0,96°C	ns
Rektaltemp.	-0,06°C	ns

Tab. 31: Vergleich von Messung 1 mit Messung 2 für die Kontrollgruppe

Die Veränderung der Hauttemperatur an den drei Meßpunkten ist zwar nur am Widerrist signifikant, jedoch ist der absolute Betrag der Hauttemperaturänderung zwischen den beiden nur 2 Stunden auseinanderliegenden Messungen ebenfalls recht deutlich. Die Rektaltemperatur bleibt dagegen praktisch unverändert.

Zusammenfassend bleiben aus diesem Versuch die folgenden Ergebnisse festzuhalten. Die Hauttemperaturen der Versuchsgruppe steigen nur nach der Verkleinerung der Fläche an und ändern sich dann von einer Messung zur nächsten nicht mehr signifikant. Jedoch lagen die Hauttemperaturen an allen drei Meßpunkten bei jeder Messung signifikant über den Ausgangswerten vor der Flächenreduzierung.

Der Vergleich mit der Kontrollgruppe zeigt, daß der Hauttemperaturanstieg bei der Versuchsgruppe den Tagesrhythmus überdeckt. Der Verlauf der Korrelationen zwischen Hauttemperatur und Rektaltemperatur bei der Versuchsgruppe ist insoweit deutlich, daß an den unbelasteten Schweinen sehr enge Korrelationen zwischen Hauttemperatur und Rektaltemperatur bestehen, die nach der Verkleinerung der Fläche nicht mehr nachzuweisen sind. Der Anstieg der Hauttemperatur der Kontrollgruppe bei einer rein psychischen Belastung ist nur an einem Meßpunkt statistisch abzusichern, aber auch die beiden anderen Meßpunkte zeigen einen deutlichen Hauttemperaturanstieg.

5. Diskussion

Bevor die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen diskutiert werden, seien einige Bemerkungen zum verwendeten Meßgerät erlaubt.

Das hier verwendete Infrarot-Thermometer KT 17 der Firma Heimann gestattet eine schnelle und das Tier nicht beeinträchtigende Messung der Oberflächentemperatur mit guter Wiederholbarkeit, wie die meist geringen Schwankungen bei der Dreifachmessung zeigen.

Ein gewisser Nachteil bei der Arbeit mit dem Gerät ist, daß es aus drei getrennten Teilen besteht, nämlich der Meß-Anzeige-Einheit, einer Akkutasche dafür sowie einem Batteriestab für die Meßfeldbeleuchtung. Um die drei Teile miteinander zu verbinden, werden drei Verbindungskabel verwendet, was zusammen mit dem relativ hohen Gewicht des Meßgerätes bei Messungen am Tier den Gebrauchswert des Systems mindert und zu einer nicht immer ungefährlichen Einschränkung der Bewegungsmöglichkeiten des Untersuchers führen kann. Auf der anderen Seite bietet das Gerät eine Reihe von Vorteilen. Bemerkenswert ist das relativ gute Distanzverhältnis, das Messungen aus einem relativ großen Abstand vom Tier erlaubt und in Verbindung mit der Lichtfleckkennzeichnung der Meßfläche und der Feststell taste für die Anzeige ein gezieltes Messen aus jeder Position zum Tier ermöglicht, in der sich das Meßgerät befindet.

Von größerer Bedeutung als die Handhabung sind für den Nutzen des Meßgerätes jedoch die damit erzielbaren Ergebnisse. Die folgenden Fragen waren von besonderem Interesse, um die Brauchbarkeit des Meßgerätes für die Belange der Tierhaltung beurteilen zu können:

- Inwieweit ist die berührungslos gemessene Oberflächentemperatur am Tier von den Bedingungen, unter denen gemessen wird, abhängig, und wie gut gibt sie die direkt auf der Haut herrschende Temperatur wider?
- Wie groß sind die Schwankungen der Meßwerte zwischen den Individuen an verschiedenen Punkten? An welchen Punkten sind

diese Schwankungen klein, was eine gute Korrelation zur Rektaltemperatur bedeutet?

- Sind für unterschiedliche Haltungssysteme mit dem Meßgerät unterschiedliche Temperaturen an den Gelenken nachweisbar, die auf unterschiedliche Belastung durch das Haltungssystem hindeuten?

Diese Fragen wurden jeweils getrennt für Milchkühe und Zuchtsauen untersucht. Ein weiteres denkbares Anwendungsgebiet für die Hauttemperaturmessung wird durch die vierte Frage angedeutet.

- Ist eine Belastungssituation bei Mastschweinen, die durch allgemein übliche produktionstechnische Maßnahmen entsteht, mit charakteristischen Änderungen der Hauttemperatur verbunden?

Entsprechend der Reihenfolge der durchgeführten Versuche sollen deren Ergebnisse diskutiert und dabei die oben genannten Fragen besonders berücksichtigt werden.

Im ersten Teil der Arbeit wurde die Abhängigkeit der Meßwerte von den Meßbedingungen und von tiergebundenen Gegebenheiten untersucht.

Zunächst sind die Faktoren Meßabstand und Meßwinkel zu besprechen. Bei der Messung der Oberflächentemperatur an der 20 x 30 cm großen Seitenwand eines Wasserbeckens aus Abständen von 0-2 m ist der Meßwert abhängig vom Meßabstand. Die hier verwendeten Abstufungen liefern voneinander signifikant verschiedene Meßwerte. Beim Übergang auf ein "unendlich großes" Meßobjekt, wie z.B. eine Raumwand, sind dagegen die Meßwerte von der Entfernung unabhängig. Damit ist zwar bewiesen, daß die berührungslose Meßmethode prinzipiell von der Meßentfernung unabhängig ist, wie das auch MESTER (o.J.) aus geometrischen Überlegungen herleitet.

Für die praktische Anwendung des Meßgerätes am Tier und die relativ kleinen Meßflächen, um die es sich dort handelt, ist jedoch der Meßabstand zunächst durchaus zu beachten. Auf jeden Fall ist

zu fordern, daß rund um den Lichtprojektionsfleck, der die Meßfläche anzeigt, noch eine unbeleuchtete Zone zu sehen ist und der Lichtfleck nicht etwa auf den Rand einer Gliedmaße fällt, weil dann ein hoher Anteil der meist kühleren Umgebungsstrahlung des Bodens oder der Wand mitgemessen wird.

Bei Einhaltung dieser Beschränkung und Eingrenzung des verwendeten Meßabstands, beispielsweise auf dem Bereich 0,5 - 1 m, ist der aus dieser Fehlerquelle mögliche Fehler von 0,3°C erträglich, zumal bei den später durchgeführten praktischen Messungen am Tier sich eine Spannweite eben dieser Größenordnung innerhalb der Dreifachmessung ergab, die dort aber schon die Summe aller Fehlerquellen darstellt.

Durch diese Überlegung relativiert sich auch die Bedeutung der für die Messung am Wasserbad errechneten Signifikanzen, die unter Feldbedingungen mit ihren zusätzlichen Fehlerquellen und damit höherer Varianz als am Wasserbadmodell nicht zustande kommen.

Der Meßwinkel ist als Fehlerquelle von geringerer Bedeutung. Bei einem Meßwinkel von 50° war die absolute Differenz zum Nullwert 0,2°C, gemessen am aufgespannten Tierfell, was unter den von WATMOUGH et al. (1970) angegebenen 0,5°C bei 45° liegt. Bei 60° beträgt allerdings die Abweichung vom Nullwert 0,4°C und beim 70°-Meßwinkel 0,7°C und ist damit auch erstmals statistisch signifikant. Ab einem Meßwinkel von ungefähr 60° wird auch die Abbildung des Lichtfleckes, der die Meßfläche anzeigen soll, zunehmend schlechter eingrenzbar und wird bei 70° schließlich kegelförmig. Es ist deshalb der Empfehlung von GANSSEN (1971) zuzustimmen, wonach nur Meßwerte aus Winkeln unter 45° verwendet werden sollten. Dieser Grenzwinkel ist auch unter praktischen Bedingungen dem bloßen Augenschein nach einhaltbar.

Nach diesen Faktoren, die in der Hand des Untersuchers liegen, waren die übrigen Faktoren zu betrachten, die die Hauttemperatur beeinflussen könnten und die teils physiologischer, teils klimatischer Art sind.

Einer dieser Faktoren ist die Farbe des Haarkleids an der Meßstelle. Beim direkten Vergleich zwischen braunen und weißen Stellen bei der Rasse Deutsches Fleckvieh bzw. schwarzen und weißen Stellen bei der Rasse Deutsche Schwarzbunte ergaben sich im t-Test keine signifikanten Unterschiede. Die Meßwerte wurden im Stall erhoben, also vor Sonnenlicht geschützt. Dieser Befund bestätigt damit die Ergebnisse von STEWART (1953) beim Rind und zahlreicher anderer Autoren bei anderen Spezies, zuletzt PALMER (1981) beim Pferd. Bei Sonneneinstrahlung direkt auf das Fell jedoch weisen die verschiedenen Farben unterschiedliche Absorptionsgrade auf, so daß dann dieser Faktor beachtet werden muß.

Außer über die Farbe kann das Fell auch durch seinen Zustand die kontaktlos gemessene Temperatur verändern. Um diesen Faktor zu untersuchen, wurden Vergleichsmessungen zwischen dem Infrarot-Meßgerät und einem Kontakt-Thermometer an Stellen mit verschiedenen Fellbedingungen durchgeführt. Eine Vorauswahl wurde insofern getroffen, als sowohl in diesem Versuch wie auch überhaupt bei allen Messungen an Stellen, die feucht oder verkotet waren, die Werte nicht erfaßt wurden, da diese wegen nicht genau definierbarer Verhältnisse an der Meßstelle unbrauchbar sind.

Auch mit den genannten Einschränkungen ergeben sich für die beiden hier untersuchten Fellklassen beachtliche bis große Schwankungsbereiche zwischen den berührungslos und den direkt auf der Haut gemessenen Werten, wobei die direkt auf der Haut gemessenen Temperaturen ausnahmslos höher lagen. Für die Klasse "abstehendes Fell" war der Bereich etwa 3 - 10°C beim Fleckvieh bzw. bis 7°C bei den Schwarzbunten mit einem Median um 6°C. Die größere maximale Differenz bei den Fleckvieh-Kühen ist wahrscheinlich auf eine größere absolute Haarlänge bei dieser Rasse zurückzuführen, wodurch sich dieses Fell im maximal aufgerichteten Zustand mehr an die Raumtemperatur angleicht und damit die Differenz zur Hauttemperatur wächst.

Aber auch bei den schwarzbunten Kühen mit einer Maximaldifferenz von 7,2°C kann so jeder andere Faktor überlagert werden. Die große Variationsbreite innerhalb dieser Fellklasse, die auch kaum eine Häufung der Differenzwerte um einen bestimmten Wert zeigt,

ist durch unterschiedlich starke Aufrichtung sowie Länge und Dichte des Haarkleides an der untersuchten Stelle bedingt. Da jedoch diese Faktoren nur mit großem Aufwand quantifizierbar wären, sind an solchen Stellen kontaktlos gemessene Temperaturwerte praktisch wertlos.

In der Klasse "anliegendes Fell" ist der Schwankungsbereich fast um den Faktor 2 kleiner, eine zentrale Tendenz für beide Rassen um den Wert 2°C ist erkennbar. An glattem, anliegendem Fell bei Kühen berührungslos gemessene Werte sind damit zwar auch durch den jeweiligen Fellzustand unterschiedlich stark beeinflusst, jedoch ist der Grad dieser Beeinflussung verglichen mit anderen Fehlerquellen akzeptabel.

Bei den Sauen sind aufgrund der arttypisch spärlicheren Behaarung die Unterschiede zwischen den beiden Meßmethoden und auch die Wertebereiche in den beiden "spärlich behaart" bzw. "dicht behaart" genannten Klassen kleiner. Die größte gemessene Differenz zur Hauttemperatur betrug $4,1^{\circ}\text{C}$ bei dichter bzw. $2,1^{\circ}\text{C}$ bei spärlicher Behaarung, und beide Klassen lassen darüber hinaus eine Tendenz zu einer Häufung um den Medianwert erkennen.

In der Tendenz entsprechen damit die Verhältnisse bei Sauen denjenigen bei den Kühen, jedoch sind die Absolutzahlen alle um etwa den Faktor 2 verkleinert, so daß bei den Sauen ganz sicher die spärlich behaarten Stellen mit ihrer relativ häufigen Temperaturdifferenz von gut 1°C verwertet werden können. Auch die dichter behaarten Stellen bewegen sich mit einer Häufigkeit von ca. 80% der Fälle im Bereich von $0,9$ bis $2,9^{\circ}\text{C}$ für den Felleinfluß, also in einer Spanne von etwa 2°C , und sind damit noch brauchbar.

Die hier gefundenen Abweichungen stimmen mit den Ergebnissen von KELLY et al. (1954) überein, die bei Schweinen ebenfalls Differenzen zwischen den beiden Meßmethoden im Bereich von 1 und 2°C zugunsten des Kontaktthermometers fanden. Auch bei KÜPPERS (1973) waren die direkt gemessenen Werte "geringgradig" höher als die kontaktlos gemessenen.

Im Gegensatz dazu stehen allerdings die Feststellungen von GOOSSENS (1973), der mit dem Infrarot-Thermometer höhere Temperaturen maß als mit dem Kontaktthermometer direkt auf der Haut und als Differenzbetrag etwa 3°C an den dichter behaarten Regionen Rücken und Kreuz-Darmbein fand, wohingegen an kaum bzw. gar nicht behaarten Stellen (Ohrgrund, Anus) beide Methoden gleiche Werte lieferten. Der erstgenannte Befund ist mit den physikalischen Überlegungen von MOUNT (1968), wonach das Strahlungsthermometer eine Kombination aus der niedrigeren Haar- und der Hauttemperatur "sieht" und deshalb eine niedrigere Temperatur anzeigen müßte, nicht vereinbar.

Insgesamt ist also bezüglich des Punktes Fellzustand die Anforderung, die PALMER (1981) für berührungslose Messungen am Pferd stellt, nämlich daß das Fell frei von Schmutz, Feuchtigkeit oder Fremdmaterial zu sein habe, für das Schwein zu übernehmen und für das Rind dahingehend zu erweitern, daß nur Stellen mit glattem anliegendem Haarkleid verwertet werden sollten.

Varianzanalytisch wurden einige weitere Faktoren auf ihren Einfluß auf die Hauttemperatur geprüft. Anschließend wurde der prozentuale Anteil jedes Faktors an der Gesamtvarianz dieses Meßpunktes berechnet und dargestellt.

An Milchkühen wurden auf diese Weise die Lufttemperatur, Rasse, Luftgeschwindigkeit, sowie die Kovariablen Rektaltemperatur, Milchleistung, Alter und Graviditätsstand untersucht. Für Sauen waren dies die Faktoren Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit sowie die Kovariablen Rektaltemperatur, Alter und Graviditätsstand. Die beiden Tierarten sollen gemeinsam besprochen werden.

An allen Meßpunkten signifikante Faktoren waren bei den Kühen Lufttemperatur und Rasse, bzw. bei den Sauen nur die Lufttemperatur. Der starke Einfluß der Lufttemperatur steht in Einklang mit der allgemeinen Lebenserfahrung und auch mit der gesamten Literatur (z.B. BLAXTER, 1962; MOUNT, 1968; LYHS et al., 1968; PALMER, 1981). Innerhalb üblicher Stalltemperaturen von 15 - 20°C bei den Kühen bzw. 16 - 18°C bei den Sauen liegt der durch die Lufttempe-

ratur verursachte Varianzanteil für beide Arten bei etwa 10 - 30% der Gesamtvarianz, und beide Male liegt der Wert am Ohrgrund mit ca. 4% relativ niedrig. Damit ist der Ohrgrund innerhalb der genannten Bereiche von der Lufttemperatur unabhängig.

Die höheren Varianzanteile für die Lufttemperatur an den Gliedmaßen sowohl bei den Sauen als auch bei den Kühen zeigen, daß an den Extremitäten bei den genannten Temperaturen ein thermoregulatorischer Tonus herrscht und sie damit zum Hauptort der physikalischen Temperaturregulation werden, wie LYHS (1967) feststellt. Am Rumpf dagegen wird die Hauttemperatur erst bei höheren Umgebungstemperaturen reaktiver.

Unter Hinzunahme der bei einer sehr hohen Umgebungstemperatur erhobenen Werte ist für den Gesamtbereich von dann 15 - 27°C bei Kühen bzw. 16 - 28°C bei Sauen der Varianzanteil der Lufttemperatur um 70% oder mehr und überlagert damit andere Einflußfaktoren stark, die bei niedrigeren Temperaturen durchaus von Bedeutung sind. Als Ziel für Hauttemperaturmessungen ist deshalb anzustreben, daß die Umgebungstemperaturen möglichst überhaupt nicht schwanken und daß diese konstante Temperatur nicht allzu hoch liegt. So fordert PICK (1981) beim Pferd 18 - 20°C als Temperatur für den Untersuchungsraum. GROSS et al. (1968, zit. n. GANSSEN, 1971) geben ebenfalls 20°C für den Menschen an. Bei der Messung am landwirtschaftlichen Nutztier ist zwar die Umgebungstemperatur meist nicht beeinflussbar, es ist aber zu bedenken, daß "äußere Abkühlung eine Steigerung der pathologischen Hauttemperaturdifferenzen bewirkt" (GANSSEN, 1971). Da die Lufttemperatur die Hauttemperatur derart stark beeinflussen kann, ist eine Hauttemperatur nur mit gleichzeitiger Angabe der Umgebungstemperatur verwertbar.

Nur bei den Kühen waren verschiedene Rassen in den Versuch einbezogen und damit ein Rasseeinfluß prüfbar. In der Varianzanalyse war der Faktor Rasse bis auf den Anus an allen gemessenen Stellen signifikant und belegte einen ebenso hohen Varianzanteil wie die Lufttemperatur für den Umgebungstemperaturbereich von 15 - 20°C. Die Hauttemperatur der Fleckvieh-Kühe liegt meist um ca. 2°C unter der der schwarzbunten Kühe. Damit ist bei der Hauttemperatur

zwischen den Rassen Deutsches Fleckvieh und Deutsche Schwarzbunte genauso zu unterscheiden, wie dies JOHNSON und WEBSTER (1967) beim Vergleich zwischen British-Cross- und Zebu-Cross-Rindern und STEWART und BRODY (1956) in geringerem Umfang beim Vergleich von Jersey- mit Holstein-Rindern feststellten.

Mögliche Gründe für diese Unterschiede sind nach STEPHAN und RE-DECKER (1970) anatomischer oder physiologischer Art. Zumindest ein unterschiedlicher Felleinfluß bei den Rassen konnte in den Messungen zum Fellzustand in dieser Arbeit nicht gefunden werden, da beide Rassen fast identische Abweichungen zwischen Kontakt- und Infrarotthermometerwerten aufwiesen. Dennoch bleibt die Rasse ein maßgebliches Merkmal bei der Bewertung einer Hauttemperatur.

Die Wirkung der Luftfeuchtigkeit war aufgrund einer Abhängigkeit bei den Kühen zwischen dem Faktor Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit nur bei den Sauen abschätzbar. In der Varianzanalyse ist der Faktor Luftfeuchtigkeit im Bereich von 16 - 18°C Umgebungstemperatur an allen Meßpunkten nicht signifikant. Damit sind die zahlreichen, aber zum Teil widersprüchlichen Angaben in der Literatur, ob und in welcher Richtung die Luftfeuchtigkeit die Hauttemperatur beeinflusst, hier weder für die eine noch für die andere Seite statistisch zu belegen. Ob eine steigende Luftfeuchtigkeit die Hauttemperatur mit erhöht (MIURA, 1931; LEINEWEBER, 1961, an Schweinen) oder senkt (SCHULTZE, 1931; HARDER, 1937, an Schweinen; SCHAAF, 1944, an Pferden), hängt wohl von der herrschenden Lufttemperatur ab, wie auch SAGNER (1954) und LEINEWEBER (1961) meinen.

Der absoluten Größe nach ist die Auswirkung der Luftfeuchte in der zur Diskussion stehenden Temperaturzone 16 - 18°C gering. Dies geht indirekt auch aus der Angabe von MIESNER-SCHOOP (1935) hervor, der etwa 15°C als die Grenzlinie zwischen der die Konduktion erhöhenden, also die Hauttemperatur senkenden Wirkung steigender Luftfeuchte in der Kälte und dem verdunstungshemmenden und damit die Hauttemperatur steigernden Effekt der Luftfeuchte in der Wärme ansieht. Dies bedeutet, daß im Bereich dieser Grenzlinie die Luftfeuchtigkeit nur eine beschränkte Wirkung ausübt, zumal wenn die Luftfeuchtigkeit selbst nicht sehr hoch liegt, wie

das bei den hier zu besprechenden Messungen der Fall war. Die in der Varianzaufklärung ermittelten Anteile der Luftfeuchte lagen denn auch bei den Gelenken unter 1% und an den Rumpfpunkten zwischen 1 und 4% und fielen auch am Rumpf für den auf 16 - 28°C erweiterten Umgebungstemperaturbereich unter 1,2% ab. Unter anderen Umständen, etwa bei hoher oder niedriger Lufttemperatur, können höhere Luftfeuchtigkeitswerte beachtliche Anteile und Wirkungen erzielen.

Sowohl an den Kühen als auch an den Sauen wurde der Einfluß der Luftgeschwindigkeit beobachtet. Bei den Kühen überschritt die Luftgeschwindigkeit an Stirn und Ohransatz die Signifikanzschwelle, bei den Sauen am Punkt Unterarm. Die für die Kühe errechneten Varianzanteile liegen an Stirn, Masseter und Ohransatz sowie am Anus mit 20% relativ hoch und bestätigen damit die von LOEWY und DORNO (1925), SCHOTT (1914), SAGNER (1954) und HARMS (1959) geäußerte Ansicht, daß besonders exponierte Körperteile stärker auf Veränderungen der Luftgeschwindigkeit reagieren. Auf der anderen Seite sind die Anteile an den Gliedmaßen mit unter 10% nicht sehr groß. Das Minimum liegt am Ohrgrund mit 2%. Bei den Sauen liegen die Varianzanteile weit höher als bei den Kühen, was sich durch die spärlichere Behaarung beim Schwein erklärt, wodurch eine höhere Luftgeschwindigkeit stärker auf die Haut einwirkt. Obwohl die hier gemessenen Luftgeschwindigkeiten nur zwischen 0,1 und 0,3 m pro Sekunde variierten, überrascht der hohe Varianzanteil nicht allzu sehr, da bei einer Lufttemperatur von 16 - 18°C auch 0,3 m pro Sekunde schon als deutlicher Luftzug empfunden werden. Zum anderen berichten auch RÖHLINGER et al. (1980) von extremen Schwankungsbreiten innerhalb einer Schweinepopulation bei hohen Luftgeschwindigkeiten.

Für Reihenmessungen ist zu bedenken, daß bei einer gegebenen Lufttemperatur und einer möglichst homogenen Population, die z.B. der gleichen Rasse angehört, die Luftgeschwindigkeit auf jedem Platz im Stall anders wirken kann und dabei erheblichen Einfluß auf die Hauttemperaturmesswerte nehmen kann. Unter praktischen Bedingungen, wo über einige Stunden hinweg die Lufttemperatur meist als konstant angesehen werden kann und die Tiere an verschiedenen Stellen im Stall, z.B. an ihrem jeweiligen Anbinde-

platz, gemessen werden, ist damit die Luftgeschwindigkeit der wirksamste Einflußfaktor und somit möglichst oft neu zu bestimmen.

Die übrigen Faktoren Rektaltemperatur, Alter, Graviditätsstand sowie bei den Kühen noch die Milchleistung wurden als Kovariable mitgeprüft. Lediglich die Rektaltemperatur erreichte dabei an manchen Punkten höhere Werte, nämlich 13,9% bei den Kühen am Tarsalgelenk links, wo sie auch hoch signifikant war, und 12,5% bei den Sauen am Karpalgelenk rechts. In beiden Fällen erreichte jedoch die Gliedmaße der anderen Seite keine auch nur annähernd so hohen Werte, was die Bedeutung der beiden genannten Zahlen stark abschwächt. In allen übrigen Fällen liegen die Varianzanteile für die Rektaltemperatur um bzw. meist unter 1%. Dieser niedrige Wert erklärt sich zum einen durch die relativ geringe Schwankungsbreite, die in der untersuchten Rinder- bzw. Sauenpopulation für die Rektaltemperatur auftrat. Bis auf eine Ausnahme waren weder bei den Kühen noch bei den Sauen fieberhafte Rektaltemperaturen zu verzeichnen. Zum anderen wäre ein allzu direkter Zusammenhang zwischen Rektaltemperatur und Hauttemperatur in Anbetracht der vielfältigen Regulationsmechanismen des Wärmehaushalts überraschend. So stellt GANSSEN (1971) fest, daß "wir es im lebenden Organismus fast nie mit einem passiven Wärmeleitungsverhalten zu tun haben". HARMS (1959) berichtet zwar von einer allgemeinen Hauttemperaturerhöhung bei Schweinen mit über 41°C Rektaltemperatur, doch dürfte für solche Beobachtungen wahrscheinlich das jeweilige Fieberstadium entscheidend sein.

Das Alter der Tiere hat noch weniger Einfluß auf die Hauttemperatur. In der Varianzanalyse war der Faktor in keinem Fall signifikant. Die Varianzaufklärung ergibt einen Anteil von etwa 1% bei den Kühen, und ähnliche Werte, allerdings mit einem Maximum von 6,25% am Widerrist, bei den Sauen. Zum Teil erklärt sich dies dadurch, daß die hier verwendeten Tierpopulationen homogen in der Hinsicht waren, daß nur adulte Tiere einbezogen wurden, während altersbedingt unterschiedliche Hauttemperaturen viel eher zwischen verschiedenen ontogenetischen Entwicklungsstufen eines Individuums zu erwarten sind. Damit überein stimmen die Ergebnisse von FLORES (1978), der an den von ihm untersuchten erwachsenen

Pferden keinen Alterseinfluß auf die Hauttemperatur fand, sowie von LANDSIEDEL (1937), der die tiefsten Hauttemperaturen an Rindern im Fresserstadium fand, sowie von HARDER (1937) und UNSHELM (1970), wobei aber letzterer bei verschiedenen Schweine-rassen teils ein Abfallen, teils keine Veränderung und teils sogar ein Ansteigen mit zunehmenden Alter beobachtet. Jedenfalls wurden aber alle Veränderungen nur in Verbindung mit der körperlichen Entwicklung beim jugendlichen Tier bzw. beim Übergang zur Adoleszenz gefunden.

Beim Faktor Gravidität wäre eine Änderung der Hauttemperatur über eine Intensivierung des Stoffwechsels zumindest in der Endphase der Trächtigkeit denkbar. Die Varianzanalyse ergibt jedoch weder bei den Kühen noch bei den Sauen einen signifikanten Einfluß auf die Hauttemperatur. In der Varianzaufklärung ergeben sich Werte von maximal 9 und 5% bei Kühen sowie 4 und 6% bei den Sauen, wobei auffällt, daß diese hohen Werte bei beiden Spezies jeweils am Unterarm bzw. Metakarpus gemessen wurden. Die Werte der anderen Meßpunkte sind bedeutend kleiner. In der Literatur waren keine Vergleichsangaben zu diesem Punkt zu finden.

Damit ist der Graviditätsstand von geringer Bedeutung für die Vergleichbarkeit von Hauttemperaturen zwischen verschiedenen Individuen.

Nur bei den Kühen prüfbar war der Einfluß der Milchleistung auf die Hauttemperatur. Wiederum wäre es denkbar, daß hochlaktierende Kühe mit einem intensiveren Stoffwechsel auch mehr Wärme produzieren und diese dann über die Haut abgeben. Obwohl in Bezug auf die Milchleistung erhebliche Unterschiede in der untersuchten Population zu verzeichnen waren, ergab die Varianzanalyse in keinem Meßpunkt eine Signifikanz für diesen Faktor. In der Varianzaufklärung liegen die Anteile für den Faktor Milchleistung bei unter 1% mit Höchstwerten von etwa 5% an Stirn und Metakarpus. Auch zu diesem Punkt konnten in der Literatur keine Vergleichsangaben gefunden werden. Somit führen unter den hier genannten Bedingungen auch sehr unterschiedliche Milchleistungen nicht zu nachweisbaren Unterschieden in der Hauttemperatur.

Zusammenfassend sind die hier geprüften Einflußfaktoren folgendermaßen zu beurteilen.

Solange der Meßwinkel, d.h. die Abweichung von der Normalen, kleiner als 45° bleibt, geht davon kein merkbarer Einfluß auf die Meßwerte des Infrarot-Thermometers aus. Der größte Meßabstand sollte nicht um mehr als etwa den Faktor 2 vom kleinsten abweichen. Dann ergeben sich nur Meßwertdifferenzen von wenigen zehntel Grad. Der Meßabstand ist je nach Größe des Meßpunkts so zu wählen, daß der Lichtfleck nicht zu knapp auf den angepeilten Zielpunkt paßt.

Der Zustand des Felles an der gemessenen Stelle kann bei Milchkühen den Meßwert um einige Grad Celsius verändern. Berührungslos gemessene Werte von Stellen mit nicht glattem und anliegendem Haarkleid sind deshalb nicht verwertbar. Bei Sauen hingegen ergibt sich kaum ein Unterschied zwischen Stellen mit spärlichen bzw. dichtstehenden Borsten.

Nach Ausschluß der genannten meßtechnischen Fehlerquellen ist das Hauptaugenmerk auf eine konstante und möglichst nicht zu hohe Lufttemperatur zu richten. Verschiedene Rassen liefern dann unterschiedliche Hauttemperaturniveaus. Wenn all diese Bedingungen beachtet werden, kann nur noch eine unterschiedliche Luftgeschwindigkeit sowie ein in dieser Arbeit nicht untersuchter hoher Wärmeverlust durch Strahlung (z.B. Standplatz nahe einer kalten Wand) die Hauttemperatur verschieben. Falls dies ausgeschlossen ist, sind berührungslos gemessene Hauttemperaturwerte nicht durch äußere Einflüsse verfälscht. Die physiologischen Faktoren Rektaltemperatur, Alter, Graviditätsstand und Milchleistung können außer Betracht gelassen werden.

Mit Hilfe statistischer Berechnungen wurde versucht, eine Aussage über die bei den eigenen Messungen aufgetretene Streuung meßtechnischer und biologischer Art zu erhalten.

Die Ursache für die "meßtechnische Streuung" der drei Meßwerte bei den Dreifachmessungen liegt in der Meßmethode, da es unwahr-

scheinlich ist, daß sich die "wahre" Hauttemperatur innerhalb der kurzen für die Dreifachmessung benötigten Zeit ändert. Der wesentliche Faktor für die Abweichung der Meßwerte an einem Meßpunkt ist, daß die Meßstelle auch bei anatomisch eindeutiger Definition nicht ganz exakt wiederzufinden ist. Schon bei einer Verschiebung des Lichtfleckes um 2 - 3 cm, also genau neben die alte Position, kann sich der Meßwert um $0,2^{\circ}\text{C}$ ändern.

Außer diesem Faktor schlägt sich in der meßtechnischen Streuung theoretisch auch eine mangelnde Wiederholbarkeit nieder, die aber, wie sich in den Versuchen über den Meßabstand zeigte, beim hier benutzten Meßgerät höchsten $0,1^{\circ}\text{C}$ ausmacht.

Im wesentlichen nur für den Meßpunkt Ohrgrund bei den Kühen gilt ein dritter Einfluß, nämlich die momentane Stellung der Ohrmuschel, die sich auf die Haut am Ohrgrund als Dehnung bei vorgestellter bzw. als Faltenbildung bei angelegter Ohrmuschel auswirkt. Es empfiehlt sich deshalb, immer bei derselben Position der Ohrmuschel, am besten in der vorgestellten, zu messen, wie dies auch in der vorliegenden Arbeit geschah.

Die hier errechneten Werte liegen leicht über denen von PALMER (1981), der an stehenden Pferden $0,2^{\circ}\text{C}$ und in Vollnarkose $0,13^{\circ}\text{C}$ findet. Seine Streuung dürfte deshalb absolut kleiner sein, weil er aus einer Entfernung von 1 - 3 cm mißt.

Bei den Kühen liegen die Werte insgesamt über denen der Sauen, was durch die größere Zielfläche und infolge dessen höhere Wahrscheinlichkeit, nicht mehr exakt die gleiche Stelle zu treffen, zu erklären ist.

Bei beiden untersuchten Spezies ist - wahrscheinlich aus dem oben genannten Grund - die meßtechnische Streubreite für den Ohrgrund am größten, am Anus dagegen ist sie mit am niedrigsten, wohl weil dieser Meßpunkt sehr genau wiederzufinden ist. Von der Größenordnung her ist die meßtechnische Streuung im Vergleich mit anderen Einflußfaktoren nicht allzu bedeutsam, so daß statt der Dreifachmessung eine einmalige Messung je Punkt und Tier zu rechtfertigen wäre.

Von größerer Bedeutung ist dagegen die biologische Streuung der Meßwerte, also die Schwankung von Tier zu Tier. Generell ist bei tieferen Lufttemperaturen eine Tendenz zu größeren interindividuellen Schwankungen zu erkennen, was auch RÖHLINGER et al. (1980) sowie PALMER (1983) feststellten. Die Absolutwerte von Kühen und Sauen sind sehr ähnlich.

Bei der jeweils niedrigsten Meßtemperatur, also 15°C bei den Kühen und 16 - 18°C bei den Sauen, zeigt sich, daß sich für die Gelenkpunkte die höchsten Werte für die biologische Streuung errechnen. Dies wäre zum einen dadurch erklärbar, daß das Fell bei manchen Tieren durch das Liegen struppig geworden ist und dann niedrigere Meßwerte entstehen. Dagegen spricht jedoch, daß erstens nur Punkte mit glatt anliegendem Fell in die Untersuchung einbezogen wurden und zum zweiten auch an den Gelenken bei der 20°C- bzw. 22°C- Messung die Werte für die biologische Streuung kleiner werden, was bei struppigem Fell als Ursache nicht zu erwarten wäre.

Wahrscheinlicher ist deshalb die Erklärung, daß jedes Tier je nach metabolischem Zustand anders auf diese Umgebungstemperatur reagiert, wie dies auch PUROHIT und McCOY (1980) sowie PALMER (1983) aus ihren Untersuchungen an Pferden annehmen. Diese unterschiedliche Perzeption der Umgebungstemperatur schlägt sich dann besonders deutlich in unterschiedlichen Gliedmaßen Temperaturen nieder, da die Gliedmaßen die Hauptstellglieder der Thermoregulation sind. Entgegen den Feststellungen von RÖHLINGER et al. (1979) sowie RÖHLINGER et al. (1980), die bei Sauen am Anus aufgrund von häufig auftretender Feuchtigkeit jeweils besonders große interindividuelle Schwankungen finden, war hier der Anus sowohl bei den Kühen wie bei den Sauen der Meßpunkt mit der kleinsten biologischen Streuung. Allerdings wurden hier die Meßwerte nicht in die Auswertung mit einbezogen, wenn am Anus Feuchtigkeit erkennbar war.

Mit zunehmender Umgebungstemperatur verringern sich die Unterschiede in den biologischen Streuungen zwischen den Meßpunkten, weil dann alle Körperregionen zunehmend die volle Wärmeabgabekapazität der Haut ausnützen müssen. Die Werte der biologischen

Streuungen für alle Meßpunkte sowohl bei den Kühen als auch bei den Sauen liegt bei der 27°C- bzw. 28°C-Messung etwa zwischen 0,7 und 1. Damit ist die Angabe von RÖHLINGER et al. (1979) bestätigt, die an Sauen bei einer Messung bei 29°C individuelle Abweichungen unter 1°C feststellen, bei einer Lufttemperatur von 14-18°C dagegen 1,1 bis 3,8°C.

Eine spurbare Erleichterung bei der Betreuung großer Tierbestände wäre durch eine Methode zur schnellen Erfassung der Körpertemperatur zu erreichen, z.B. durch die berührungslose Messung der Hauttemperatur. Die in diesem Zusammenhang bei den Kühen berechneten Korrelationskoeffizienten zwischen Haut- und Rektaltemperatur sind dafür jedoch zu niedrig. Bemerkenswert ist, daß die Koeffizienten der beiden Rassen sich deutlich unterscheiden und daß bei den schwarzbunten Kühen, mitbedingt durch die geringere Tierzahl, nur an drei Meßpunkten, davon zwei Gelenkpunkte, überhaupt eine signifikante Korrelation zur Rektaltemperatur besteht. Bei den Fleckvieh-Kühen ist der Zusammenhang insgesamt enger. Für die Gesamtstichprobe an Kühen ergeben sich zahlreiche Signifikanzen, jedoch sind die Koeffizienten mit Höchstwerten von $r = 0,32$ am Ohrgrund und Anus relativ niedrig. LIRA et al. (1975) geben für Kühe dagegen einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,62$ zwischen der Temperatur im Ohrkanal und der Rektaltemperatur an. Mit den hier erhaltenen Beziehungen jedoch dürfte eine aus der Hauttemperatur abgeleitete Schätzung der Rektaltemperatur nicht zuverlässig genug sein.

Bei den Sauen dagegen liegen die Korrelationskoeffizienten der Rumpfpunkte um bzw. über $r = 0,6$. UNSHELM (1970) fand an Schweinen verschiedener Rassen Koeffizienten um $r = 0,4$ zwischen Ohrgrund und Rektaltemperatur, KÜPPERS (1973) Werte um $r = 0,5$ für Analgegend und Ohrgrund. DEBBELT (1975) errechnete für Mastschweine direkt nach einem Transport ebenfalls Werte bis zu $r = 0,6$. Sowohl KÜPPERS (1973) als auch DEBBELT (1975) erstellten anhand ihrer Werte Regressionsgleichungen, ließen jedoch beide die Lufttemperatur, die die Korrelation beeinflusst, außer acht.

Bei der Abhängigkeit von der Lufttemperatur ganz allgemein, eine feste Beziehung zwischen der Hauttemperatur

an irgendeiner Stelle und der Rektaltemperatur anzugeben. Die Stellen Ohrgrund und Anus dürften dafür am geeignetsten sein, da für sie auch hier die kleinsten interindividuellen Schwankungen bei Kühen und Sauen festgestellt wurden. Jedoch kann aus den hier ermittelten Daten keine Regressionsgleichung angegeben werden, die auch für erhöhte Rektaltemperaturen gilt, da im Tiermaterial kein Tier mit erhöhter Rektaltemperatur vertreten war, was für eine Generalisierung einer Regressionsgleichung einen unzulässigen Selektionsfehler in der Stichprobenauswahl darstellen würde. Prinzipiell jedoch erscheint zumindest bei den Sauen nach den hier errechneten Korrelationskoeffizienten die Schätzung der Rektaltemperatur aus der Hauttemperatur möglich, insbesondere wenn sich die hier gefundenen Zusammenhänge zwischen beiden Parametern auch im pathologischen Bereich der Rektaltemperatur bestätigen lassen.

Mit den im ersten Teil erarbeiteten Maßgaben sollen nun Einsatzmöglichkeiten für die berührungslose Hauttemperatur-Meßtechnik auf dem Gebiet der Tierhaltung aufgezeigt werden. Im zweiten Teil wurde deshalb die Hypothese untersucht, daß Tiere, die dauernd an einem Ort fixiert gehalten werden, Schäden an den Gelenken erleiden, die sich in veränderten Hauttemperaturen an den Gelenken gegenüber Tieren mit Bewegungsmöglichkeit zeigen.

Bei den Kühen wurden Tiere aus Kurzstandanbindehaltung mit solchen in Laufstallhaltung bei gleichen äußeren Bedingungen verglichen. Die Gesamtpopulation im Kurzstand unterschied sich nicht gesichert von der im Laufstall. Bei nach Rassen getrennter Durchführung des t-Tests waren für die Rasse Deutsches Fleckvieh wiederum keine, für die Schwarzbunten dagegen an 5 von den 6 miteinander verglichenen Gelenken signifikant bis hoch signifikant höhere Hauttemperaturen im Kurzstand zu finden. Die Ursache für diesen Rassenunterschied könnte in einer größeren Empfindlichkeit der Schwarzbunten für solche Haltungsbedingungen liegen, die sich auf die Gliedmaßengesundheit belastend auswirken.

Bei der varianzanalytischen Behandlung derselben Daten war nur an zwei von den fünf Gelenken, an denen ein signifikanter Unter-

schied bestand, das Haltungssystem als signifikanter Faktor auszumachen. Jedoch verfehlten drei weitere die Signifikanzschwelle von $p=0,05$ nur knapp. Außer der Rektaltemperatur in einem dieser beiden Gelenke erreichte kein anderer Faktor auch nur annähernd die Signifikanzschwelle. Diese anderen Faktoren können damit als Varianzursache für die im t-Test nachgewiesenen signifikanten Unterschiede in den Hauttemperaturen an den Gelenken der schwarz-bunten Kühe ausgeschlossen werden. Einzig der Faktor Haltungssystem kommt dafür in Frage, erreicht aber die Signifikanz nicht in allen Fällen in der Varianzanalyse, sondern nur im t-Test. Die statistischen Kennwerte liegen demnach dicht zu beiden Seiten der Signifikanzschwelle.

Bei den Sauen ergab sich ein sehr ähnliches Bild. Sämtliche vier untersuchten Gelenke zeigten bei den Sauen im Kastenstand signifikant bis sehr hoch signifikant höhere Temperaturen als bei den Sauen mit Auslaufmöglichkeit. In der anschließenden Varianzanalyse war an zwei von diesen vier Gelenken der Einfluß des Haltungssystems relativ deutlich signifikant, ein weiteres verfehlte die Signifikanz nur knapp ($p=0,52$), das vierte klar. Bis auf die Rektaltemperatur an einem der beiden signifikanten Gelenke kam kein anderer Faktor in die Nähe der Signifikanzschwelle.

Auch diese Befunde sind im Zusammenhang mit den Ergebnissen von GLOOR (1983), wonach Hautschwielen als Indikatoren für dauernd wiederkehrende Mikrotraumen im Kastenstand an Tarsal- und Karpalgelenken und weiteren Stellen häufiger sind als in Gruppenhaltung, starke Hinweise auf das Haltungssystem als den Faktor, der über unterschiedliche Läsionshäufigkeit für die unterschiedlichen Hauttemperaturen verantwortlich ist. Es wäre wünschenswert, den Zusammenhang zwischen den beiden Beobachtungen durch Hinzunahme weiterer Parameter, besonders des synovialen Zellgehaltes, noch besser zu sichern.

Da auch die Sauengruppe mit Freilaufmöglichkeit in der Zeit von der Geburt bis zur Wiederbelegung im Kastenstand gehalten wird, wurde die Korrelation zwischen der Dauer des Freilaufs und den Temperaturen an den Gelenken errechnet. Sie waren nicht signifikant für die Karpalgelenke, jedoch hoch signifikant positiv für

beide Tarsalgelenke. Diese Korrelation steht in einem gewissen Widerspruch zu der Hypothese, daß die Freilaufhaltung Reizzustände der Gelenke abbauen hilft. Auch hier könnte eine Überprüfung und Verknüpfung mit zusätzlichen Parametern äußerst aufschlußreich sein, zumal die geplante neue Schweinehaltungsverordnung (Entwurf vom 17.3.1987) mindestens 6 Wochen freie Bewegungsmöglichkeit nach jeder Laktation für jede Zuchtsau vorschreibt.

Beim Vergleich von Haltungssystemen, die sehr unterschiedliche Bewegungsmöglichkeit für das Tier zulassen, zeigen sich damit sowohl für Kühe als auch für Sauen unterschiedliche Gelenktemperaturen. Dieses Ergebnis scheint die Befunde von HEIDRICH et al. (1968) sowie GROTH und EICHLER-STEINHAUFF (1978) an Milchkühen und von THURLEY (1967), BÄCKSTROM (1973), TASSEMEIER (1975), SOMMER (1979) und GLOOR (1983) an Zuchtsauen zu bestätigen, die beide in dem Haltungssystem, in dem das Tier dauernd an einem Ort fixiert ist, wesentlich häufiger Schäden an Karpal- und Tarsalgelenken fanden als im Vergleichssystem mit freier Bewegungsmöglichkeit, wohingegen die von KLATT und SCHLISSKE (1974) festgestellte höhere Häufigkeit von Gelenkschäden in der Freilaufhaltung mit den hier gewonnenen Ergebnissen nicht in Einklang zu bringen ist.

Als pathogenetisches Bindeglied zwischen Einzelhaltungssystem und höherer Schadenshäufigkeit und damit auch höheren Hauttemperaturen an den Gelenken ist der von BERNER (1986) angeführte Zusammenhang vorstellbar, wonach Elastizität und Festigkeit von Skelett und Gelenken unter eingeschränkter Bewegung leiden und die Anfälligkeit für pathologische Zustände steigt.

GANSSSEN (1971) gibt an, bei 20°C Umgebungstemperatur Wärmequellen von 1 cm Durchmesser mit einer Temperaturerhöhung von 2°C noch durch 1 cm Gewebe hindurch thermographisch nachgewiesen zu haben. Bei den hier zur Diskussion stehenden Vorgängen an Gelenken sind eventuelle Temperaturerhöhungen wegen der Gefäßlosigkeit der Gelenkhöhle nur an der Gelenkperipherie zu erwarten, also eher näher als 1 cm an der Oberfläche. Auch eine Temperaturerhöhung von 2°C ist bei einer Hyperämie sicher möglich, da beispielsweise FLORES (1978) nach scharfen Einreibungen bei Pferden Temperatur-

erhöhungen von 5 - 6°C feststellt. Wenn man diese Überlegungen mit der Angabe von GANSSEN (1971) zusammensieht, dann ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß die in Frage stehenden Reizzustände über eine Hyperämie zu einer von außen erfassbaren Temperaturerhöhung führen. So gibt z.B. auch PALMER (1983) bei Pferden subklinische entzündliche Vorgänge als mögliche Ursache für erhöhte Gelenktemperaturen bei fehlendem klinischen Befund an.

Darüber hinaus liegen aus der Humanmedizin zahlreiche Berichte über den Nachweis rheumatisch-arthritischer Zustände, also ebenfalls chronisch-entzündlicher Zustände, an den Gelenken der Extremitäten vor (z.B. BRANEMARK, 1967; COSH und RING, 1967).

Aus den in der vorliegenden Arbeit gefundenen signifikant höheren Gelenktemperaturen mit dem Haltungssystem als ursächlichem Faktor läßt sich die Berechtigung ableiten, die Hauttemperaturen besonders der Gelenke an größeren Tierzahlen und auch an Tieren aus weniger unterschiedlichen Haltungssystemen weiter daraufhin zu untersuchen, ob sie statistisch sicherbare Unterschiede zeigen. Insbesondere ist zur weiteren ursächlichen Abklärung eine Verknüpfung der Hauttemperaturen mit anderen Parametern, die auf eine Reizung bzw. Entzündung der Gelenke ansprechen, wie z.B. der Zellgehalt der Synovia, wünschenswert.

Falls diese künftigen Untersuchungen die erwarteten Ergebnisse liefern, ist die berührungslose Hauttemperaturmessung als eine weitere Methode vorstellbar, die einen Beitrag zur Beurteilung eines Haltungssystems mit dem Tier als Indikator liefert.

Als ein weiteres denkbares Einsatzgebiet sollte der dritte Teil der vorliegenden Arbeit klären, ob sich Hinweise dafür finden, daß die Hauttemperatur Belastungszustände beim Tier anzeigen kann. Als besonders belastungsanfällige und -gefährdete Art wurde dafür das Schwein ausgewählt.

Zunächst wurde die Hauttemperatur von Saugferkeln vor und nach dem Absetzen gemessen. Es zeigte sich, daß die Hauttemperatur bei den abgesetzten Tieren sehr hoch signifikant stärker abfiel als

bei den bei der Mutter verbliebenen Vollgeschwistern. Da die Lufttemperatur des Abferkelstalls und des Flatdeck-Stalls, in den die abgesetzten Tiere gebracht wurden, gleich war und die Hauttemperatur auch bei den nicht abgesetzten Ferkeln sehr hoch signifikant abfiel, scheidet eine Erklärung des Hauttemperaturabfalls um durchschnittlich $1,7^{\circ}\text{C}$ nur durch eine vielleicht veränderte Lufttemperatur aus. Wegen des ebenfalls sehr hoch signifikanten Hauttemperaturabfalls bei den bei der Mutter verbliebenen Ferkeln ist auch die Möglichkeit, daß die abgesetzten Ferkel nur wegen des Fehlens der Wärmestrahlung der Muttersau abkühlen, als unwahrscheinlich anzusehen, da diese Strahlungsquelle für die Kontrollferkel dauernd vorhanden war. Da weithin anerkannt ist, daß das Absetzen für Saugferkel eine starke Belastung darstellt, wäre vielmehr zur Erklärung die von PRIGATANO und JOHNSON (1974), BLOOM und TRAUTT (1977), ZIEGLER (1983) sowie SCHANDRY (1983) zumindest für den Menschen formulierte Erscheinung, daß Angst zur Konstriktion der Hautgefäße führt, auch für die Ferkel heranzuziehen, wobei die Kontrollferkel anscheinend von der mit dem Herausfangen ihrer Geschwister verbundenen Unruhe mitbetroffen waren und deshalb tendenziell gleiche Veränderungen zeigten. Die Messung der Hauttemperatur zeigt damit genau wie die auf die Wachstumsleistung bezogenen Befunde von LECCE et al. (1979), STANTON und MUELLER (1976) und BOLDUAN und JUNG (1980) sowie die immunologischen Ergebnisse von BLECHA und KELLEY (1981) eine Belastung durch das Absetzen beim Saugferkel an.

Im zweiten Belastungsversuch, dem Lkw-Transport von Mastschweinen, war erwartungsgemäß nach dem Transport eine Erhöhung der Hauttemperatur festzustellen. Diese war, übereinstimmend mit den Ergebnissen von DEBBELT (1975), am Ohrgrund hoch signifikant, am Anus war sie signifikant und am Widerrist nicht signifikant. Die Rektaltemperaturerhöhung war hier im Gegensatz zu DEBBELT (1975) nicht signifikant.

Das unterschiedliche Flächenangebot von $0,4$ bzw. $0,6 \text{ m}^2$ pro Tier, das als ein Faktor eingesetzt wurde, der vielleicht eine vermehrte psychische Belastung für eine der beiden Gruppen mit sich bringen würde, führte an keinem der drei gemessenen Hautpunkte zu einem signifikanten Unterschied und lieferte damit keine Recht-

fertigung für eine weitere Analyse. Lediglich die Rektaltemperatur war in Abhängigkeit von der Fläche pro Tier signifikant unterschiedlich und bestätigt damit die Aussage von v. MICKWITZ et al. (1971), daß "die Ladedichte der entscheidende Faktor für die Höhe der Belastung ist", die von diesen Untersuchern als Anstieg der Rektaltemperatur erfaßt wird. Dieser Parameter scheint damit tatsächlich für die Erfassung einer Kombination von physischen und psychischen Belastungen, wie sie beim Transport vorliegen, eher adäquat zu sein als die Hauttemperatur.

Im Gegensatz zum Klassifikationsmerkmal Ladedichte zeigten die Rektaltemperaturen unter dem Klassifikationsmerkmal Nummer der Messung keine signifikanten Veränderungen. Damit ergab sich für die Rektaltemperatur keine Parallele zu den Bewegungen der Hauttemperatur im Versuchsverlauf, was zum Teil an der nur mäßig hohen Lufttemperaturen zwischen 10 und 14°C liegen dürfte, bei denen der Anstieg der Hauttemperatur eine genügende Wärmeabgabe bewirkt, so daß es nicht zu einem Anstieg der Rektaltemperatur als Ausdruck ungenügender thermoregulatorischer Möglichkeiten kommt.

Die Korrelationen zwischen den Hauttemperaturen an den verschiedenen Meßpunkte sowie zwischen diesen und der Rektaltemperatur waren sowohl in Ruhe wie auch nach dem Transport fast durchweg nicht signifikant und veränderten sich auch nicht systematisch. Sie stehen damit im Gegensatz zu den Korrelationskoeffizienten von etwa 0,5, die DEBBELT (1975) zwischen der Hauttemperatur der verschiedenen Meßpunkte und der Rektaltemperatur sowohl vor als etwas abgeschwächt auch nach dem Transport fand.

Damit ist zwar gezeigt, daß sich die mit dem Kontaktthermometer von DEBBELT (1975) gemessenen Hauttemperaturerhöhungen durch den Transport auch mit dem Infrarotthermometer, und damit berührungslos und schneller messen lassen. Für die besonders interessierende Frage nach der psychischen Belastung bestätigt sich jedoch die Aussage von STEINHARDT und LYHS (1974), daß physische und psychische Komponenten bei der Transportbelastung nicht voneinander zu trennen sind.

Im dritten Belastungsversuch wurde für Mastschweine die pro Tier im Stall zur Verfügung stehende Buchtenfläche von vorher 1,2 m² knapp unter das nach der im Entwurfsstadium befindlichen Schweinehaltungsverordnung vorgesehene Minimum von 0,6 m² pro Tier verringert. Dies ist als psychische Belastung anzusehen, aber so gut wie gar nicht mit Bewegung verbunden, verursacht also keine körperliche Anstrengung.

Der nach zwei Stunden auf der reduzierten Fläche beobachtete Hauttemperaturanstieg und das anschließende Verharren auf dem erhöhten Niveau könnte sowohl durch vermehrte gegenseitige Wärmebestrahlung als auch durch eine psychische Belastung verursacht sein. Diese beiden Möglichkeiten der Interpretation sind bis zu diesem Versuchsstadium nicht weiter differenzierbar.

Im weiteren Versuchsverlauf fällt auf, daß die Kontrollgruppe den von ÖHLER (1904), HARDER (1937), LANDSIEDEL (1937), LYHS (1971) und RÖHLINGER et al. (1980) beschriebenen Tagesrhythmus der Hauttemperatur mit tiefen Werten am frühen Morgen und Höchstwerten am späten Abend deutlich zeigt.

Bei der Versuchsgruppe dagegen ist im Laufe des Nachmittags bis zum späten Abend keinerlei Erhöhung zu erkennen, da diese Tiere seit ihrer engeren Aufstellung ohnehin auf einem erhöhten Hauttemperaturniveau stehen, wodurch der Tagesrhythmus überdeckt wird. BARNETT et al. (1984) bestimmten bei ihrer Untersuchung an Sauen Kortisolwerte und fanden unter bestimmten Haltungsbedingungen, daß der Tagesrhythmus des Plasmakortikoidspiegels ausgesetzt war. Die Autoren interpretierten dies als Hinweis auf eine Belastung. In ähnlicher Weise dürfte die hier an den Mastschweinen nachgewiesene Ausschaltung des Tagesrhythmus der Hauttemperaturen eine Belastungssituation anzeigen.

Eine physische Beanspruchung als Ursache für die mindestens 24 Stunden lang erhöhte Hauttemperatur scheidet weitgehend aus, wenn sich nach einer einmaligen Belastung, wie z.B. Laufen (GOSSENS 1973) oder Transport (DEBBELT 1975), die Hauttemperatur und Rektaltemperatur nach 90 bzw. 120 Minuten wieder normalisiert hat. Gegen eine immer wieder neue physische Beanspruchung spricht, daß

die eingeeengten Schweine mangels Bewegungsmöglichkeit dazu neigten, sich bald niederzulegen. Vermehrte gegenseitige Bestrahlung als Ursache schließlich wird durch die auf gleicher Fläche liegende Kontrollgruppe ausgeschlossen, bei der die Tagesrhythmik erhalten bleibt.

Die Rektaltemperaturen der Tiere weisen außer zum Zeitpunkt zwei Stunden nach Verringerung der Fläche keine signifikanten Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe auf. Auch der signifikant höhere Wert der Versuchsgruppe zwei Stunden nach der Einengung der Buchtenfläche ist eher eine Folge einer besonders kleinen Varianz der Körpertemperaturen zu diesem Zeitpunkt als größerer Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Aus dem belastungsbedingten Anstieg der Hauttemperatur ohne gleichzeitigen Anstieg der Rektaltemperatur ergibt sich noch ein weiterer Ansatzpunkt für weitere Forschungen. DEBBELT (1975) fand bei per LKW transportierten Schweinen nur ein ganz geringes Abfallen der um 0,7 liegenden Korrelationskoeffizienten zwischen Hauttemperatur und Rektaltemperatur durch den Transport. GOOSSENS (1973) gibt zwar keine Korrelationskoeffizienten an, jedoch läßt sich aus seinen Abbildungen eine enge Parallelität der Temperaturverläufe an Ohrgrund und Anus mit der Rektaltemperatur nach einer Laufbelastung entnehmen.

In dem hier diskutierten Versuch dagegen waren zwar die Ausgangskorrelationen ähnlich eng, jedoch fielen sie nach der Flächenverringerung deutlich bis unter die Signifikanzschwelle ab. Damit scheint hier von den Versuchstieren eine Belastung empfunden zu werden, der aber die physische Komponente fehlt, die beim LKW-Transport bzw. bei einer Laufbelastung die Erhöhung der Rektaltemperatur verursacht. Eine ähnliche Abkoppelung der Hauttemperatur zeigt sich an der Kontrollgruppe, die nach den Umbaumaßnahmen für die Versuchsgruppe Hauttemperatursteigerungen zwischen 0,5 und 1°C ohne Erhöhung der Rektaltemperatur aufwies. Auch hier kann nur eine rein psychische Belastung vorgelegen haben.

Sowohl hinsichtlich der überdeckten Tagesrhythmik als auch hinsichtlich der veränderten Korrelationen zur Rektaltemperatur sind

weitere Untersuchungen mit großen Tierzahlen unter Situationen nötig, die so selektiv wie möglich nur die Psyche der Tiere belasten. Die Hinzuziehung weiterer belastungsanzeigender Parameter würde die Aussagesicherheit der Ergebnisse erhöhen.

Als ein bemerkenswertes Ergebnis aus den drei Belastungsversuchen bleibt festzuhalten, daß sich die Hauttemperatur beim Schwein unter Belastung in beide Richtungen verschieben kann. Beim Transportversuch war wegen der physischen Arbeit eine Erhöhung zu erwarten, eine eventuell beteiligte psychische Komponente ist dadurch verdeckt und nicht beurteilbar. Das Absetzen führte bei den Ferkeln zu einem Hauttemperaturabfall, also einem Phänomen, das beim Menschen im Zusammenhang mit der Empfindung "Angst" beobachtet wird.

Hingegen wird ein Hauttemperaturanstieg, wie er nach der Reduzierung der Buchtengröße bei den Mastschweinen zu beobachten ist, bei Menschen mit Empfindungen wie Bestätigung und Entspannung (MITTLEMAN und WOLFF, 1939) in Verbindung gebracht, Empfindungen also, die von den Schweinen auf der reduzierten Buchtenfläche kaum angenommen werden dürfen. Eine wahrscheinlichere Erklärung für den Anstieg der Hauttemperatur bieten STEINHARDT et al. (1974), die eine durch eine allgemeine adrenerge Reaktionslage verursachte Aktivierung der Muskulatur mit verstärkter Energieumsetzung auch ohne lokomotorische Aktivität vermuten und diese Belastung sogar für stärker halten als bei mittlerer Bewegung. Insofern wäre die hier vorgenommene Reduzierung der Fläche in der Bedeutung für das Tier eher der Fixierung mit einer Nasenschlinge vergleichbar.

Ein direkter Schluß von bestimmten Änderungen der Hauttemperatur beim Tier auf die Emotionen, bei denen der Mensch die gleichen Hauttemperaturänderungen zeigt, ist sicherlich vorschnell, zumal auch beim Menschen diese Zuordnung nicht einfach ist. BIRBAUMER (1975) hält es aus der Sicht der Humanpsychologie sogar für gänzlich unzulässig, beim Tier von physiologischen und verhaltensbezogenen Beobachtungen auf Emotionen zu schließen, da ihm die Sprache als ein wesentliches Element der Emotion fehle.

Auf der anderen Seite sehen DANTZER und MORMEDE (1983) die These von DAWKINS (1980) als erwiesen an, daß Tiere seelische Erlebnisse ("mental experiences") haben. Bei Verwendung geeigneter Meßmethoden müßte ihre Physiologie ihr psychisches Befinden wiedergeben (DANTZER und MORMEDE, 1983). Nach den hier durchgeführten Versuchen scheint es durchaus möglich, daß die Hauttemperaturmessung eine solche geeignete Methode ist, um zumindest akute Belastungen als Veränderung der Hauttemperatur gegenüber einem Ausgangswert zu erfassen.

Aufgrund der Untersuchungen der vorliegenden Arbeit kann gesagt werden, daß für den Einsatz der Hauttemperatur-Messung bestimmte äußere Bedingungen hinsichtlich Raumklima, Meßabstand und Meßwinkel sowie Zustand der Meßoberfläche einzuhalten sind, die den Meßwert stark beeinflussen können. Unter diesen Voraussetzungen vermag die Hauttemperatur nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit zum einen länger einwirkende Belastungsfaktoren zu differenzieren, falls sie physische Schäden nach sich ziehen, die sich auf die Hauttemperatur auswirken. Zum anderen zeigt sie auch Änderungen in Situationen, in denen eine akute psychische Belastung vorliegt. Da für den Meßvorgang zudem außerordentlich wenig Zeit benötigt wird, steht der Anwendung der berührungslosen Hauttemperatur-Messung für Reihenummessungen, die in der Tierhaltung nützlich sein können, nichts im Wege.

6. Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Arbeit wird an insgesamt 127 Rindern und 225 Schweinen untersucht, welche Faktoren auf das Meßergebnis bei der berührungslosen Hauttemperatur-Messung mittels eines Infrarot-Thermometers einwirken und welche Einsatzmöglichkeiten zur Beurteilung von haltungsbedingten Belastungszuständen sich für das Infrarot-Thermometer ergeben.

Dazu wurden zunächst die geometrischen Einflußfaktoren Meßabstand und Meßwinkel am Wasserbadmodell untersucht, was zu folgenden Ergebnissen führte:

- Der Meßabstand ist bei einer "unendlich großen" Meßfläche praktisch ohne Einfluß auf den Meßwert. Bei Meßobjekten in den bei Rindern und Schweinen vorkommenden Größenordnungen fällt der Meßwert wegen der kälteren Hintergrundstrahlung um etwa $0,8^{\circ}\text{C}$ pro Meter Meßabstand.
- Mit zunehmendem Meßwinkel, also zunehmender Abweichung von der Fellsenkrechten, fällt der Meßwert zuerst schwach, ab etwa 50° Meßwinkel jedoch stark ab.

Für die Bewertung weiterer Faktoren wurden bei verschiedenen Stallklimaverhältnissen die Hauttemperaturen von je ca. 30 Milchkühen der Rassen Deutsches Fleckvieh und Deutsche Schwarzbunte in Kurzstand-Anbindehaltung an je 13 Meßpunkten, sowie von 65 Zuchtsauen der Deutschen Landrasse in Kastenstandhaltung an je 10 Meßpunkten erhoben. Dabei ergaben sich folgende Resultate:

- Die Fellfarbe der Kühe war ohne Einfluß auf die Meßwerte.
- Bei glattem anliegendem Fell lagen bei den Kühen die berührungslos gemessenen Werte relativ einheitlich etwa 2°C unter den direkt auf der Haut gemessenen Temperaturen, bei abstehendem Fell streuten die Differenzen stärker mit einem Median von etwa 6°C unter dem Kontaktthermometer.
- Für die Sauen waren die entsprechenden Differenzen $1,2^{\circ}\text{C}$ an Stellen mit spärlichen und $1,8^{\circ}\text{C}$ - mit größerer Streuung - an Stellen mit dichten Borsten.

- Von den untersuchten klimatischen und physiologischen Faktoren hatten bei den Kühen die Lufttemperatur und die Rasse den stärksten Einfluß auf die Hauttemperatur, bei den Sauen, die alle derselben Rasse angehörten, die Lufttemperatur.
- Bei beiden Spezies blieben die relative Luftfeuchte und die Luftgeschwindigkeit sowie die physiologischen Faktoren Rektaltemperatur, Alter und Graviditätsmonat fast durchweg ohne signifikanten Einfluß, ebenso tierindividuelle Faktoren und bei den Kühen die Milchleistung.
- Die meßtechnisch bedingte Streuung zwischen den jeweils drei sofort nacheinander gemessenen Werten pro Meßpunkt lag bei den Kühen um $0,3^{\circ}\text{C}$, bei den Sauen um $0,2^{\circ}\text{C}$.
- Die biologisch bedingte Streuung von Tier zu Tier lag für die Kühe zwischen $0,7$ und $2,2^{\circ}\text{C}$ und für die Sauen zwischen $0,7$ und 3°C , jeweils mit deutlich sinkender Tendenz bei hohen Stalltemperaturen. Wegen der großen biologischen Streuung haben die Meßwerte von einzelnen Tieren wenig Aussagekraft.
- Bei den Fleckvieh-Kühen ergaben sich die engsten Korrelationen zwischen Haut- und Rektaltemperatur an Anus, M. masseter, Ohrgrund und Stirn mit Koeffizienten um $0,4$, bei den Schwarzbunt-Kühen war der Zusammenhang weniger eng. Die Sauen zeigten an allen Rumpfmesspunkten Korrelationskoeffizienten um $0,6$ zur Rektaltemperatur.

Ohrgrund und Anus stellen demnach bei Milchkühen und Zuchtsauen die Meßpunkte mit den geringsten innerartlichen Schwankungen sowie einem guten Bezug zur Rektaltemperatur dar.

Zur Feststellung etwaiger Hauttemperatur-Unterschiede an den Gelenken von Tieren aus unterschiedlichen Haltungssystemen wurden Laufstall-Kühe mit solchen in Kurzstand-Anbindehaltung und Freilauf-Sauen mit solchen in Kastenstandhaltung verglichen. Dies führte zu folgenden Ergebnissen:

- An fünf von sechs untersuchten Gelenken (Karpal- und Tarsalgelenke sowie die beiden linken Fesselgelenke) war bei der Rasse Deutsche Schwarzbunte die Hauttemperatur in der Anbindehaltung höher als im Laufstall. Bei den Fleckvieh-Kühen zeigte sich kein Unterschied zwischen den Haltungssystemen.

- Bei den Zuchtsauen im Kastenstand waren die Hauttemperaturen an allen vier untersuchten Gelenken (Karpal- und Tarsalgelenke) signifikant höher als bei Sauen in Gruppenhaltung.

Die höheren Hauttemperaturen an den Gelenken der Kühe im Kurzstand und der Sauen im Kastenstand scheinen auf eine größere Häufigkeit entzündlicher Vorgänge an den Gelenken dieser dauernd an einem Ort fixierten Tiere hinzudeuten.

Die Auswirkung von Belastungssituationen auf die Hauttemperatur von Schweinen wurde in drei Versuchen geprüft:

- 25 vier Wochen alte Ferkel (Deutsche Landrasse x Piétrain) zeigten beim Absetzen einen hoch signifikant stärkeren Abfall der Hauttemperatur als ihre nicht abgesetzten Wurfgeschwister.
- Bei einem Lkw-Transport von 21 Mastschweinen (Deutsche Landrasse x Piétrain), davon neun Tiere auf 0,6m² Fläche pro Tier und zwölf auf 0,4m² pro Tier, hatten weder Ladedichte noch individuelle Faktoren einen Einfluß auf die Hauttemperatur, sondern nur der Zeitpunkt der Messung, dergestalt, daß sich die Hauttemperatur durch den Transport signifikant erhöhte und im weiteren Verlauf ohne relevante Korrelation zur Rektaltemperatur wieder abfiel.
- Bei Reduktion der Buchtenfläche für 22 Mastschweine (Deutsche Landrasse x Piétrain) von 1,2 auf 0,5m² pro Tier stiegen die Hauttemperaturen signifikant und blieben für etwa 24 Stunden erhöht, wodurch der Tagesrhythmus der Hauttemperatur verdeckt wurde. Die für die Ausgangswerte bestehenden Korrelationen um 0,6 zwischen Haut- und Rektaltemperatur fielen nach Versuchsbeginn stark ab.

Unter Beachtung der Faktoren Rasse, Meßabstand und Meßwinkel sowie Fellzustand und Lufttemperatur liefert die Messung der Infrarot-Strahlung damit gut reproduzierbare Werte. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen stellt sich die Ermittlung der Hauttemperatur mittels Infrarot-Thermometrie als ein praktikabler Weg dar, haltungsbedingt vermehrt auftretende Schäden an den Gelenken von Milchkühen und Zuchtsauen sowie Belastungszustände bei Schweinen zu verifizieren.

Summary

INVESTIGATIONS ON THE USE OF INFRARED-THERMOMETRY IN CATTLE AND PIG HUSBANDRY

The paper presented investigates the influences on non-contact skin temperature measurements with the aid of an infrared thermometer and its use for the evaluation of housing systems and for the detection of stress situations.

First the geometric factors measuring distance and angle were examined in a waterbath model. The following results were obtained:

- The distance is virtually without any influence in measuring objects of "infinite" size whereas in the dimensions dealt with in cattle and pigs the reading falls around 0.8°C per meter distance.
- For a deviation of 50°C from the perpendicular to the hide the reading is 0.25°C below the starting-point and falls rapidly with growing angles.

For the evaluation of several other factors skin temperatures were taken under different climatic conditions from 30 dairy cows of the German Simmental and the Holstein race each, housed in a tethered stall, at 13 different body localisations, and from 65 sows of the German Landrace, housed in individual cubicles, at 10 body localisations. The results were as follows:

- In the cows the colour had no influence.
- In hair coats lying flat the non-contact readings were uniformly about 2°C below the readings of the contact thermometer, in hair coats sticking out they were 6°C below the contact readings with a higher variation.
- The differences in the sows were 1.2°C at localisations with sparse hair and 1.8°C at localisations with dense hair.
- Among the climatic and physiological factors examined the air temperature and the race had the strongest influence in the

cows and the air temperature in the sows. In both species the relative air humidity and the air velocity and the physiological factors rectal temperature, age and stage of gravidity were without a significant influence, as well as individual factors and, in the cows, the milk yield.

- The variation caused by the method between the three readings taken one directly after the other at each localisation was between 0.3 and 0.4°C in the cows and between 0.2 and 0.3°C in the sows.
- The biological variation among the animals was between 0.7°C and 3°C with a tendency to fall in high temperatures. Due to the high biological variation measurements of single animals are of little value.
- In the Simmental cows the strongest correlations between skin and rectal temperature were found for the localisations anus, M. masseter, ear ground and forehead ($r=0.4$). The correlations were worse for the Holstein cows. The sows showed coefficients around 0.6 at all the trunk localisations.

For the detection of skin temperature differences at the joints of animals housed differently the skin temperatures of loosely housed cows were compared with those of tethered cows:

- In the Holstein cows five of six joints examined had significantly higher temperatures in the tethered cows than in the loosely housed ones. There was no difference between the housing systems in the Simmental cows.
- For the sows the skin temperatures were higher for all four joints examined in the sows housed individually compared to sows housed loosely.

It is suggested that the higher skin temperatures at the joints of the tethered cows and the sows housed individually are the result of a higher frequency of inflammatory processes at the joints of these animals.

The effects of stress situations upon skin temperature in pigs were examined in three experiments:

- In 25 piglets (German Landrace x Piétrain) aged four weeks, there was a significantly stronger fall in skin temperature, when weaned, than in their littermates.
- In a motor vehicle transport of 21 fattened pigs (German Landrace x Piétrain) on 0.4 and 0.6 m² per pig, respectively, neither the space allowance nor individual factors had an influence on the skin temperature, but only the time of measurement, as skin temperature rose by the transport and fell down later on.
- In the third experiment the space allowance in the pen was reduced for 33 fattening pigs (German Landrace x Piétrain) from 1.2 m² to 0.5 m² per animal. The skin temperatures rose and stayed up for about 24 hours with the effect that the diurnal rhythm of skin temperature disappeared. The correlations between skin and rectal temperature around 0,6 found at the beginning fell sharply after space reduction.

The conclusions are as follows: The factors race, measuring distance and angle, hair condition and air temperature are to be regarded. Skin temperature can be useful as a parameter for the detection of higher frequencies of joint lesions caused by the housing system in cows and sows and as a physiological stress indicator in pigs.

7. Literaturverzeichnis

ABT, M.:

Eignung von Parametern für die Voraussage von Kriterien der Fleischqualität. Vet.med. Diss. Hannover (1972).

ANGSTL, A.:

Beeinflussung der Hauttemperatur durch Hunger. Vet.med. Diss. Gießen (1914, zit. n. Landsiedel, 1937).

ASCHOFF, J.:

Temperaturregulation. In: J. Aschoff, B. Günther, K. Kramer: Energiehaushalt und Temperaturregulation. Reihe Physiologie des Menschen (Band 2). Verlag Urban & Schwarzenberg, München, Berlin (1971).

AUER, C.:

Schwitzratenmessung bei unterschiedlicher Temperaturbelastung am schwarzbunten Rind. Agr. Diss. TU Berlin (1980).

BÄCKSTRÖM, L.:

Environment and animal health in piglet production. Acta vet. scand. 14, Suppl. 41 (1973).

BARENSPRUNG, A. v.:

Untersuchungen über die Temperaturverhältnisse des Menschen im gesunden und kranken Zustande. Müllers Arch. f. Anat. Physiol. 1852, 217-286 (1852).

BANNATZ, E.:

Experimente zur Flüssigkristall-Thermographie an einem gewebe-äquivalenten Phantom - eine Vergleichsstudie. Gießen, Fachhochsch., Ingenieur-Abschlußarbeit (1974).

BARNETT, J.L., G.M. CRONIN, P.H. HEMSWORTH, C.G. WINFIELD:

The welfare of confined sows: physiological, behavioural and production responses to contrasting housing systems and handler attitudes. Ann. Rech. Vet. 15, 217-226 (1984).

BAUMEISTER, W.:

Beiträge zur Kenntnis der peripheren Temperatur bei Rind und Pferd. Vet.med. Diss. Gießen (1912).

BENEDICT, F.G.:

Skin temperature and heat loss. Proc. nat. Acad. Sci. 11, 549-552 (1925).

BERNER, H.:

Tierschutzrelevante pathologische Indikatoren bei Sauen in neuzeitlichen Haltungssystemen. Tierärztl. Praxis 14, 67-78 (1986).

BIRBAUMER, N.:

Physiologische Psychologie. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg (1975).

BLAXTER, K.L.:

The energy metabolism of ruminants. Hutchinson, London (1962).

BLECHA, F., K.W. KELLEY:

Effects of cold and weaning stressors on the antibody-mediated immune response of pigs. J. Anim. Sci. 53, 439-447 (1981).

BLOOM, L.J., G.M. TRAUTT:

Finger pulse volume as a measure of anxiety: Further evaluation. Psychophysiol. 14, 541-544 (1977).

BOECKH, H.:

Untersuchungen über die Hauttemperatur der Tiere. Vet.med. Diss. Gießen (1910).

BOLDUAN, G., H. JUNG:

Ernährungsphysiologische Problemstellung bei frühabgesetzten Ferkeln. Mh. Vet.-Med. 35, 604-609 (1980).

BORTZ, J.:

Lehrbuch der Statistik. 2. Aufl. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg (1985).

BRANEMARK, P.I.:

Biologic and clinical evaluation of infrared thermography. J. Rad. 48, 69-76 (1967).

BRYANT, M.J., R. EWBANK:

Effects of stocking rate upon the performance, general activity and ingestive behaviour of groups of growing pigs. Br. vet. J. 130, 139-149 (1974).

BUCHMILLER, J.:

Untersuchungen über die Hauttemperatur beim Haushuhn. Vet.med. Diss. Gießen (1912).

BÜHL, W.:

Untersuchungen über die Hauttemperatur des Haushuhns mit dem Thermoelement. Vet.med. Diss. Hannover (1951).

CLARK, J.A., K. CENA:

Die Anwendung der Thermovisionstechniken bei Tieren. Dtsch. tierärztl. Wschr. 79, 292-296 (1972).

COLIN, F.:

Traité de Physiologie comparée des animaux. 3. Auflage (1888).

COSH, J.A., E.F.J. RING:

Techniques of heat detection used in the assessment of rheumatic diseases. J. Rad. 48, 84-89 (1967).

DANTZER, R., P. MORMEDE:

Stress in farm animals: a need for reevaluation. J. Anim. Sci. 57, 6-18 (1983).

DAWKINS, M.S.:

Animal suffering. The science of animal welfare. Verlag Chapman and Hall, London (1980).

DEBBELT, Th.:

Vergleichende Messungen von Hauttemperaturen und Rektaltemperaturen von Mastschweinen nach Lkw-Transporten. Vet.med. Diss. Hannover (1975).

EWBANK, R., M.J. BRYANT:

Aggressive behaviour amongst groups of domesticated pigs kept at various stocking rates. Anim. Behav. 20, 21-28 (1972).

FLORES, C.E.:

Berührungslose Temperaturmessung an der Hautoberfläche beim Pferd. Vet.med. Diss. Hannover (1978).

FRÖHLICH, E.:

Untersuchungen über die Hauttemperatur bei einzelnen Haustieren unter besonderer Berücksichtigung der Sonneneinstrahlung. Vet.med. Diss. München (1959).

GANSSSEN, A.:

Medizinische Thermographie. Röntgenpraxis 14, 97-109 (1971).

GEHLBACH, G.D., D.E. BECKER, J.L. COX, B.G. HARMON, A.H. JENSEN:

Effects of floor space allowance and number per group on performance of growing-finishing swine. J. Anim. Sci. 25, 386-391 (1966).

GLOOR, P.:

Verletzungen und Veränderungen am Integument des Schweines als Indikatoren für die Tiergerechtigkeit eines Stallsystems. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1983, KTBL-Schrift 299 (1984).

GOOSSENS, P.:

Die Änderung der Hauttemperatur beim Schwein nach Lauf- und Hitzebelastungen (36°C) in Abhängigkeit von der Rektaltemperatur. Vet.med. Diss. Hannover (1973).

GRETHER, F.:

Beeinflussung der Hauttemperatur des Rindes durch Frottieren. Vet.med. Diss. Gießen (1913).

GROTH, W., H.J. EICHLER-STEINHAUFF:

Haltungsbedingte Schäden beim Milchvieh. Zentralbl. Veterinärmed. A, 25, Beilage "Fortschritte in der Veterinärmedizin" Nr. 28, 34-43 (1978).

HARDER, H.J.:

Untersuchungen über die Hauttemperatur des Schweines mit dem Thermoelement. Vet.med. Diss. Hannover (1937).

HARDY, J.D.:

Heat transfer. in: L. H. Newburgh (Hg.): Physiology of heat regulation and science of clothing. Verlag Saunders, Philadelphia (1949).

HARMS, E.H.:

Hauttemperaturmessungen beim Schwein. Vet.med. Diss. Hannover (1959).

HEIDRICH, H.D., K. ARCULARIS, M. GÜNTHER, W. MARKAU, E. WOLL:
Zur Entstehung einiger Gesundheitsschäden bei Kühen in Kotrost-
anbindeställen. Mh. Vet.-med. 23, 856-861 (1968).

HENSEL, H.:

Temperaturregulation. In: W.D. Keidel (Hg.): Kurzgefaßtes Lehr-
buch der Physiologie. 5. Auflage. Verlag Thieme, Stuttgart
(1979).

HOFFMANN, R.:

Untersuchungen über die Hauttemperatur des Schafes mit dem
Thermo-Element. Vet.med. Diss. Hannover (1938).

HÖRNICKE, H.:

Thermophysiologie. in: A. Scheunert und A. Trautmann (Hg.): Lehr-
buch der Veterinär-Physiologie. 7. Auflage. Verlag Parey, Berlin,
Hamburg (1987).

HUGH, W.I., D. REIMER:

Floor space allotment of growing-finishing pigs. J. Anim. Sci.
20, 543-547 (1967).

JOHNSON, K.G., M.E.D. WEBSTER:

Extremity skin temperature in British and Zebu cross cattle.
J. Agric. Sci. 69, 1-7 (1967).

JUNGINGER, E.:

Untersuchungen über den Einfluß der Warmezufuhr auf die Hauttem-
peratur bei Pferd und Rind. Vet.med. Diss. Gießen(1912).

KELLY, C.F., T.E. BOND, H. HEITMAN jr.:

The role of thermal radiation in animal ecology. Ecology 35, 562-
569 (1954).

KLATT, G., W. SCHLISSKE:

Einflüsse der bewegungsarmen Haltung gravider Sauen bei extremer
verkürzter Säugezeit auf die Leistung. Arch. Tierzucht 17, 287-
298 (1974).

KLEIN-HESSLING, P.:

Gesundheitsschäden bei der einstreulosen Gitterrostaufstallung
(I). Tierzüchter 18, 79-81 (1966).

KÜPPERS, F.W.:

Hauttemperaturmessungen beim Schwein mit Infrarotthermometern und
einem Sekundenthermometer zur direkten Erfassung in Relation zur
Körpertemperatur. Vet.med. Diss. Hannover (1973).

LANDSIEDEL, K.V.:

Untersuchungen über die Hauttemperatur des Rindes mit dem Thermo-
element. Vet.med. Diss. Hannover (1937).

LAWSON, R.N.:

Thermography in medicine. Canad. Serv. Med. J. 13, 517-520
(1957).

LECCE, J.G., W.D. ARMSTRONG, P.C. CRAWFORD, G.A.DUCHARME:
Nutrition and management of early weaned piglets: liquid vs. dry
feeding. J. Anim. Sci. 48, 1007-1014 (1979).

LEINWEBER, J.:

Einfluß der Lufttemperatur und -feuchte auf die Hauttemperatur
des Schweines. Vet.med. Diss. München (1961).

LIRA, M., R.G. RODEWALD, S.L. SPAHR:

Relation of estrus to temperatures of ear canal, rectum and milk
in dairy cattle. J. Dairy Sci. 58, 770! (1975).

LOEWY G., K. DORNO:

Haut und Körpertemperatur und ihre Beeinflussung durch physikali-
sche Reize. Ann. Schweiz. Ges. Baln. 1925, 14-25 (1925).

LÖFFLER, K., D. MARX:

Haltungs- und zuchtbedingte Schäden am Bewegungsapparat landwirt-
schaftlicher Nutztiere. Tierärztl. Prax. 11, 23-36 (1983).

LYHS, L.:

Grundlagen und neuere Erkenntnisse auf dem Gebiet der Temperatur-
regulation. Mh. Vet.-Med. 22, 721-726 (1967).

LYHS, L.:

Grundlagen der Thermoregulation und des Wärmehaushaltes. in:
L. Lyhs (Hg.): Der Wärmehaushalt landwirtschaftlicher Nutztiere.
Verlag Fischer, Jena (1971).

LYHS, L., M. NICHELMANN, M. STEINHARDT:

Hauttemperatur des Schweines bei verschiedenen Umgebungstempe-
raturen. Mh. Vet.-med. 24, 494-496 (1968).

MESTER, U.:

Temperaturstrahlung und Strahlungsthermometer. Firmenschrift Fa.
Heimann, Wiesbaden-Dotzheim (o. J.).

MICKWITZ, G.v., K. MEYER, H. GRUND, L. VOGEL, H.J. KLAUITTER, U.
KOBBE, K.P. STÜTZLE:

Der Einfluß unterschiedlicher Transportbedingungen auf Bela-
stungsreaktionen und die Höhe der Transportverluste bei Schlacht-
schweintransporten. Tierärztl. Umsch. 25, 524-536 (1971).

MIESSNER-SCHOOP, A.:

Veterinärhygiene. Verlag Schaper, Hannover (1935).

MITTLEMAN, B., H.G. WOLFF:

Affective states and skin temperature: Experimental study of
subjects with "cold hands" and Raynaud's Syndrome. Psychosom.
Med. 1, 271-292 (1939).

MIURA, A.:

The effect of changes in relative air humidity on skin tempera-
ture and general well-being. Amer. J. Physiol. 97, 432-459
(1931).

MOUNT, L.E.:

The climatic physiology of the pig. Verlag Arnold, London (1968).

MUGGENBERG, B.A., T. KOWALCZYK, W.G. HOEKSTRA, R.H. GRUMMER:
Effect of certain management variables on the incidence and severity of gastric lesions in swine. Vet. Med. Sm. Anim. Clin. 62, 1090-1094 (1967).

NAU, H.R., L. LYHS:
Physikalische Grundlagen der Wärmestrahlung bei landwirtschaftlichen Nutztieren. Mh. Vet.-Med. 36, 468-471 (1981a).

NAU, H.R., L. LYHS:
Die Berechnung und Messung der radiativen Wärmeabgabe bei landwirtschaftlichen Nutztieren. Mh. Vet.-Med. 36, 616-620 (1981b).

NICHELMANN, M.:
Der Wärmehaushalt beim Rind. in: Lyhs, L.(Hg.): Der Wärmehaushalt landwirtschaftlicher Nutztiere. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena (1971).

NICHELMANN, M., L. LYHS:
Über die Bedeutung thermoregulatorischer Gefäßreaktionen für den Wärmehaushalt des Schweines. Mh. Vet.-Med. 25, 919-927 (1970).

NICKEL, R., A. SCHUMMER, E. SEIFERLE:
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bd. III Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane. 1. Auflage. Verlag Parey, Berlin, Hamburg (1976).

NOMMENSEN, C.H.:
Untersuchungen über die Hauttemperatur der Ziege mit dem Thermoelement. Vet.med. Diss. Hannover (1938).

OHLER, J.:
Über die Hauttemperatur des gesunden Menschen. Tübingen, Univ., Med. Fak., (1904).

PALMER, S.E.:
Use of the portable infrared thermometer as a means of measuring limb surface temperature in the horse. Am. J. Vet. Res. 42, 105-108 (1981).

PALMER, S.E.:
Effect of ambient temperature upon the surface temperature of the equine limb. Am. J. Vet. Res. 44, 1098-1101 (1983).

PFLIEDERER, H., K. BÜTTNER:
Die physiologischen und physikalischen Grundlagen der Hautthermometrie. Verlag Barth, Leipzig (1935).

PICK, M.:
Erste Ergebnisse thermographischer Untersuchungen zur Lahmheitsdiagnostik beim Pferd mit Hilfe eines Infrarotthermographen. Tierärztl. Praxis 12, 229-238 (1984).

PICKETT, R.A., W.H. FUGATE, R.B. HARRINGTON, T.W. PERRY, T.A. CURTIN:
Influence of feed preparation and number of pigs per pen on performance and occurrence of esophagogastric ulcers in swine. J. Anim. Sci. 28, 837-841 (1969).

PRIGATANO, G.P., H.J. JOHNSON:

Autonomic nervous system changes associated with a spider phobic reaction. J. abnorm. Psychol. 83, 169-177 (1974).

PUROHIT, R.C., M.D. McCOY:

Thermography in the diagnosis of inflammatory processes in the horse. Am. J. Vet. Res. 33, 1167-1174 (1980).

REDECKER, R.:

Hautdurchblutungs- und Hauttemperaturmessungen unter Wärmebelastung beim Deutschen Schwarzbunt-Rind. Vet.med. Diss. Hannover (1972).

REINER, U.R.:

Untersuchungen über die Brauchbarkeit von Hauttemperaturmessungen für die Fremdkörperdiagnose beim Rind. Vet.med. Diss. Hannover (1957).

RÖHLINGER, P., C. GRUNOW, A. REICHMANN, M. ZIMMERHACKEL:

Voruntersuchungen zur Ermittlung der Anwendungsgebiete der Infrarot-Meßtechnik in der Veterinärmedizin. Mh. Vet.-Med. 34, 287-291 (1979).

RÖHLINGER, P., C. GRUNOW, D. BÖRNERT:

Ergebnisse berührungsloser Messung der Oberflächentemperatur beim Schwein. Arch. exp. Veterinärmed. 34, 759-766 (1980).

RUDZINSKI, K.J.:

Untersuchung über die Hauttemperatur bei Tieren des Rindergeschlechts, gemessen mit dem Thermoelement, und ihre Beeinflussung durch die Umgebungstemperatur. Vet.med. Diss. Zürich (1944).

RUNGE, Ch.:

Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Rektaltemperaturen von Schweinen vor der Schlachtung und Kriterien der Fleischqualität. Vet.med. Diss. Hannover (1972).

SAGNER, G.:

Hauttemperaturmessungen an Pferden mit dem Thermoelement. Vet.med. Diss. FU Berlin (1954).

SCHAAF, E.:

Untersuchungen über die Hauttemperatur des Pferdes mit dem Thermoelement. Vet.med. Diss. Hannover (1944).

SCHANDRY, R.:

Psychophysiologie der Angst. in: Strian, F.(Hg.): Angst: Grundlagen und Klinik. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg (1983).

SCHEBITZ, H., W. BRASS (Hg.):

Allgemeine Chirurgie für Tierärzte und Studierende. Verlag Parey, Berlin, Hamburg (1975).

SCHLICHTING, M.C.:

Tiergerechte Haltung in der Tierproduktion. Tierzüchter 39, 513-515 (1987).

SCHMÄLER, G.:

Untersuchungen über den Einfluß der Arbeitsleistung auf die Hauttemperatur beim Pferde. Vet.med. Diss. Gießen (1912).

SCHOTT, G.:

Beiträge zur Kenntnis der Hauttemperatur nach Wärmeentzug. Vet.med. Diss. Gießen (1914).

SCHUBÖ, W., H.J. UEHLINGER:

SPSS*: Handbuch der Programmversion 2.2. Verlag Fischer, Stuttgart, New York (1986).

SCHULTZE, M.:

Temperaturmessungen im Innern der Haut und deren Beziehung zur Abkühlungsgröße. Strahlenther. 39, 303-319 (1931).

SMITH, W.:

Applications of thermography in veterinary medicine. Ann. N.Y. Acad. Sci. 121, 248-254 (1964).

SOMMER, B.:

Zuchtsauen in Kastenstand- und in Gruppenhaltung: Rauscheverhalten, Geburten, Fruchtbarkeit und Schäden am Bewegungsapparat. Vet.med. Diss. München (1979).

SOMMER, H.:

Einfluß von Haltungsformen auf die Gesundheit von Schweinen. Nutztierhaltung 3/1986, 12-14 (1986).

SPOERL, R.:

Beiträge zur Kenntnis der Hautwärme von Rind und Pferd. Vet.med. Diss. Gießen (1911).

STANTON, H.C., R.L. MUELLER:

Sympathoadrenal neurochemistry and early weaning of swine. Am. J. Vet. Res. 37, 779-783 (1976).

STEINHARDT, M.:

Der Wärmehaushalt beim Schwein. in: L. Lyhs (Hg.): Der Wärmehaushalt landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Fischer, Jena (1971).

STEINHARDT, M., L. LYHS:

Pathophysiologische Aspekte der Transportbelastung beim Schwein. Mitt. 1: Wärmehaushalt, Kreislauf, Wasserhaushalt. Mh. Vet.-Med. 29, 56-63 (1974).

STEINHARDT, M., U. BÜNGER, L. LYHS:

Pathophysiologische Aspekte der Transportbelastung beim Schwein. Mitt. 3: Belastung und Muskulatur. Mh. Vet.-Med. 30, 501-508 (1975).

STEPHAN, E., R. REDECKER:

Die Rolle der Haut bei der Thermoregulation von Haustieren. Dtsch. tierärztl. Wschr. 77, 628-631 (1970).

STEWART, R.E.:

Absorption of solar radiation by the hair of cattle. Agric. Engng. (St. Joseph) 34, 235-238 (1953).

STEWART, R.E., S. BRODY:

Effect of diurnal changes in ambient temperature on hair and skin temperature of Jersey and Holstein cattle. J. Anim. Sci. 15, 1217! (1956).

STÜNZI, H., E. WEISS:

Allgemeine Pathologie für Tierärzte und Studierende der Tiermedizin. 7. Auflage. Verlag Parey, Berlin, Hamburg (1982).

SYBESMA, W., J.G. van LOGTESTIJN:

Pre-slaughter temperature and its effect on the post-mortem metabolism in pig muscle. XII. Eur. Meet. Meat Res. Work., Sandefjord 1966.

TALBOT, F.B.:

Skin temperatures of children. Amer. J. Dis. Childr. 42, 965-1052 (1931).

TASSEMEIER, U.:

Jahresübersicht über Verluste infolge Morbidität und vorzeitigen Abgängen in Schweinebeständen in einer tierärztlichen Landpraxis in der Wilstermarsch/Schleswig-Holstein. Vet.med. Diss. Hannover (1975).

THURLEY, D.C.:

Muskulaturentwicklung und Gliedmaßenschwäche beim Schwein. Dtsch. tierärztl. Wschr. 74, 336-338 (1967).

TRAUT, R.:

Der Einfluß der Sommerschur auf die Hauttemperatur des Schafes. Vet.med. Diss. Gießen (1913).

UMAMAHESWARAN, V.:

Hauttemperaturmessungen bei der intrakutanen Tuberkulinprobe beim Rind. Vet.med. Diss. Hannover (1957).

UNSHELM, J.:

Konstitutionskriterien bei Schweinen verschiedener Rassen. Habil.-Schrift Göttingen (1970).

VAN LOGTESTIJN, J.G., W. SYBESMA, J.H.J. van GILS:

Veterinärhygienische Aspekte der Streß-Empfindlichkeit von Schlachtschweinen. Arch. Lebensmittelhyg. 21, 55-59 (1970).

WATMOUGH, D.J., P.W. FOWLER, R. OLIVER:

The thermal scanning of a curved isothermal surface: Implications for clinical thermography. Phys. Med. Biol. 15, 1-8 (1970).

WILLIAMS, K.L.:

Utilisation des cristaux mésomorphes de cholestérol pour la mesure de la température superficielle. J. Rad. 48, 69! (1967).

WINGERT, F.C., C.B. KNOTT:

Effects of the total floor space allocation for swine during the finishing period. J. Anim. Sci. 19, 1300-1305 (1960).

YATES, S.G., J.A. ROTHFUS, G.B. GARNER, C.N. CORNELL:
Videothermometry for assay of fescue foot in cattle. Am. J. Vet.
Res. 40, 1192-1196 (1979).

ZIEGLER, G.:
Kardiovaskulärer Bereich. in: C. Becker-Carus, Th. Heyden, G.
Ziegler: Psychophysiologische Methoden. Verlag Enke, Stuttgart
(1979).

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. J. Unshelm vom Lehrstuhl für Tierhygiene und Verhaltenskunde für die Betreuung der Arbeit sowie den Mitarbeitern seines Lehrstuhls für ihre Mithilfe.

Herr Prof. Dr. K. Osterkorn und Herr Stanglmeier haben mich bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse geduldig unterstützt.

Ohne die tätige Mithilfe der folgenden Personen wäre die Arbeit nicht zustande gekommen: Charly, Klaus, Gert, Martin, Viola, Rüdiger, Wolfgang, Philipp, H. Wittmann, H. Putz, H. Berthold, Fr. Huse, H. Dr. Zander, H. Dr. Wiseman, H. Dr. Koll, H. Dr. Schneidawind, H. Würländer, 4. Stock Nord, meine Eltern und nicht zuletzt Rita.

Lebenslauf

Name: Erich Franz Reinhart
Geburtsdatum: 18. 12. 1959
Geburtsort: Tauberbischofsheim
Eltern: Emil Reinhart
Hedwig Reinhart, geb. Hofmann

Berufsausbildung:

1978: Abitur am Mathias-Grünwald-Gymnasium
in Tauberbischofsheim
1978-1979: Wehrdienst
1979-1980: Studium an der Philosophischen Fakultät der
Universität Würzburg
1980-1986: Studium der Tiermedizin an der Universität
München
Ende 1986: Staatsexamen und Bestallung als Tierarzt
1987-1988: Anfertigung der vorliegenden Dissertation
seit 1986: Vertretungen und Mitarbeit in verschiedenen
tierärztlichen Praxen

